

НАУКОВІ ПІДСУМКИ 2025 РОКУ

XIV НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

Збірка наукових тез

18 грудня 2025 р.

Харків – 2025

УДК 004.056.5:004.738.5:37.018.43, 004.056.55, 004.412.2.056:004.77]:623.4,
004.45+004.67, 004.72:004.45, 004.8:378(062.552), 004.81,
004.896:621.865.8:629.05:004.021, 004.932:621.396.969, 004.94, 004.94:005.2,
004.94:005.8, 004.94+655, 004.942:519
321.01-14, 338.242, 338.47:004.9:656, 35.081.2:004.8, 373.62:621.311.243
53.084.855, 533.9.07:621.396.67:629.78, 535.8
616.36-002-022.6, 619:616-008.9:619, 620.9, 621.03, 621.31:535.215,
621.311:004.8:004.272, 621.313.332, 621.313.333:004.942, 621.315.2:621.382.2:621.391,
621.313:621.314, 621.396.96:623.746-519:004, 623.618.51, 625.2:004.942,
629.5.051:532.59:656.61, 629.5.051:656.61:004.8, 629.5.015.1:656.61:658.26,
629.73.002, 629.735.036.5, 629.78, 631.363, 635.36:631, 637.5.05/07, 655.3.069,
656.211.7, 656.13:658, 659.113.71, 661.183:661.863, 664.6:613.2:796,
664.68:613.2:371.67, 664.7+339.5, 664.8/9.036.2, 664.8:621.311.243,
664.8:621.565.93:004, 665.3, 678.5, 681.32:007.5, 681.5:622.8

XIV НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ «НАУКОВІ ПІДСУМКИ 2025 РОКУ». ЗБІРКА НАУКОВИХ
ТЕЗ. – ХАРКІВ, Х.: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР, 2025 – 88 С.
e-ISBN 978-617-8360-25-2

Збірка наукових тез XIV Наукової конференції «НАУКОВІ ПІДСУМКИ 2025 РОКУ» містить наукові тези з наступних галузей наук: ветеринарні, економічні, педагогічні, технічні науки. Матеріали представляють інтерес для широкого кола науковців, фахівців у відповідних галузях наук, аспірантів та можуть представляти інтерес для студентів університетів.

XIV Наукова конференція «НАУКОВІ ПІДСУМКИ 2025 РОКУ» відбулась 18 грудня 2025 року. Тези конференції оприлюднені на інтернет-сторінці видавця ПП «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»
<https://entc.com.ua/uk/konferentsii/610-naukovi-pidsumky-roku>

Матеріали збірника опубліковано у авторській редакції

e-ISBN 978-617-8360-25-2

© УСІ АВТОРИ, 2025

Організатор та видавець ПП «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»

Адреса організатора конференції та видавництва
вул. Шатилова дача, 4, м. Харків, Україна, 61165
ПП «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»

Тел.: +38 (057) 750-89-90
E-mail: conference@entc.com.ua

Conference organizer and Publisher TECHNOLOGY CENTER PC®

Conference organizer's and publisher's address
Shatilova dacha str., 4, Kharkiv, Ukraine, 61165
TECHNOLOGY CENTER PC®



ГОЛОВА ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ

Дьомін Дмитро Олександрович
доктор технічних наук, професор,
ПП «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР»

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Білецький Володимир Стефанович
доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Бондаренко Олена Сергіївна
доктор економічних наук, професор, Київський національний
торгівельно-економічний університет

Євсєєв Сергій Петрович
доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Ловська Альона Олександрівна
доктор технічних наук, Український державний університет
залізничного транспорту

Онищенко Світлана Петрівна
доктор економічних наук, професор, Одеський національний
морський університет

Остапенко Тетяна Геннадіївна
доктор економічних наук, доцент, Приватний вищий навчальний
заклад «Європейський університет»

Паска Марія Зіновіївна
доктор ветеринарних наук, професор, Львівський державний
університет фізичної культури імені І. Боберського

Рибка Євгеній Олексійович
доктор технічних наук, Науково-дослідний центр, Національний
університет цивільного захисту України

Романенков Юрій Олександрович
доктор технічних наук, професор, Харківський національний
університет радіоелектроніки

Становська Іраїда Іванівна
доктор технічних наук, професор, Державний університет «Одеська
політехніка»

Худов Геннадій Володимирович
доктор технічних наук, професор, Харківський національний
університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Цапко Юрій Володимирович
доктор технічних наук, професор, Київський
національний університет будівництва і архітектури

Шишацький Андрій Володимирович
доктор технічних наук, старший дослідник, професор, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет

Шкромада Оксана Іванівна
доктор ветеринарних наук, професор, Сумський національний
аграрний університет



Technology[®]
Center

Георгіянц Маріне Акіпівна
доктор медичних наук, Харківський Національний медичний
університет

Набока Ольга Іванівна
доктор біологічних наук, Національний фармацевтичний університет

Васько Наталія Іванівна
доктор сільсько-господарських наук, Інститут рослинництва
ім. В. Я. Юр'єва НААН

Толочко Світлана Вікторівна
доктор педагогічних наук, Інститут проблем виховання Національної
академії педагогічних наук України

Семенова Алла Василівна
доктор педагогічних наук, Київський національний університет
технологій та дизайну

Легеза Євген Олександрович
доктор юридичних наук, Університет митної справи та фінансів

Запорожченко Юлія Василівна
доктор історичних наук, Університет митної справи та фінансів

ОРГАНІЗАЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТАВЛЯЮТЬ УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут
Державне некомерційне підприємство "Державний університет "Київський авіаційний інститут"
Державний біотехнологічний університет
Державний університет "Житомирська політехніка"
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Київський національний університет технологій та дизайну
Навчально-науковий Київський інститут залізничного транспорту Національний Транспортний Університет
Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут"
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
Національний транспортний університет
Національний університет водного господарства та природокористування
Національний університет "Львівська політехніка"
Національний університет оборони України
Національний університет цивільного захисту України
Одеський національний морський університет
Приватний вищий навчальний заклад "Європейський університет"
Спілка журналістів України
Сумський національний аграрний університет
Технічний Університет "Метінвест Політехніка"
Український державний університет залізничного транспорту
Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Харківський національний університет радіоелектроніки
Центр воєнно-стратегічних досліджень Національний університет оборони України
Центр імітаційного моделювання Національний університет оборони України

Agrarian Research Center of the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan
Almaty Technological University
Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named Gumarbek Daukeyev
Azerbaijan State University of Economics
Azerbaijan Technological University
Doctor Ads LTD
Ganja State University
"Ghalam" LLP
International Information Technology University
Karaganda Technical University named after Abylkasa Saginova
Kazakhstan Institute of standardization and metrology
L. N. Gumilyov Eurasian National University
M. Kozybayev North Kazakhstan University
Nakhchivan State University
NCJSC "Abylkas Saginov Karaganda Technical University"
Non-profit Joint Stock Company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev"
Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University
S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University
University of Zilina

ЗМІСТ

07 ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

10 ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

17 ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

19 ТЕХНІЧНІ НАУКИ

1

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

8

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИКІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ
ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ У КОРІВ

Чекан О. М., Шкромада О. С.

9

ВІРУС ГЕПАТИТУ Е КРОЛІВ В УКРАЇНІ

Шкромада О. І., Дудник Є. О., Вареник Л. В.

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИКІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ У КОРІВ

Чекан О. М., Шкромада О. С.

Протягом останніх кількох років увага приділяється використанню пробіотиків для підвищення надоїв молока та покращення здоров'я корів. Вони сприяють стабілізації балансу популяції мікроорганізмів та ферментативної активності у шлунково-кишковому тракті, що сприяє росту, розвитку та продуктивності тварин. Пробіотики – це продукти, що містять живі або мертві мікроорганізми або речовини, що виробляються ними, і зазвичай є природними штамами кишкових бактерій, специфічними для шлунково-кишкового тракту даного виду тварин. Ці бактерії заселяють кишечник після перорального введення та запобігають надмірному розвитку патогенних мікроорганізмів, забезпечуючи краще травлення та оптимальне використання їжі. Пробіотики можуть містити один або кілька штамів мікроорганізмів і можуть вводитися у вигляді мікробних добавок, окремо або в суміші з іншими речовинами. Механізми дії пробіотичних мікроорганізмів, що вводяться у шлунково-кишковий тракт тварини, полягають у першу чергу в конкуренції за адгезію на кишковому епітелії, конкуренції за поживні речовини, виробленні бактеріостатичних речовин, пригніченні розвитку патогенів та стимуляції системного імунітету.

Точний механізм імуномодуючої дії пробіотиків до кінця не вивчений. На людях та мишах було продемонстровано, що комплекси цілих клітин пробіотичних бактерій або їх фрагментів з клітинами лімфоїдної тканини кишечника мають модулюючий вплив на функцію Т- та В-лімфоцитів, викликаючи імунну відповідь на антигени. Пробіотики також стимулюють імунокомпетентні клітини до вироблення цитокінів, відповідальних за посилення, пригнічення та регуляцію системних та місцевих імунних відповідей. Досі вплив введення пробіотиків на функцію імунної системи молочних корів залишається нез'ясованим. Більшість публікацій підтверджують, що пробіотики мають стимулюючий вплив на імунітет корів.

Останні дослідження продемонстрували підвищену фагоцитарну активність та внутрішньоклітинну здатність фагоцитарних клітин до знищення у периферичній крові корів після застосування пробіотиків як харчової добавки. Воно також показало, що застосування пробіотиків було доцільним у різні періоди лактації, оскільки у корів, яким вводили пробіотики протягом усього експерименту, було отримано помітне підвищення імунологічних показників. Результати свідчать про те, що можна очікувати, що підтримка повного імунного статусу молочних корів за допомогою пробіотиків може сприяти адаптації їхньої імунної системи, особливо у післяпологовому періоді, та зменшувати частоту інфекційних захворювань.

Ключові слова: пробіотичні штами мікроорганізмів, дійні корови, нейтрофіли, моноцити, оксидативний стрес, фагоцитоз

Чекан Олександр Миколайович, доктор ветеринарних наук, професор, кафедра акушерства та хірургії, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5676-1947>

Шкромада Олександр Сергійович, аспірант, кафедра акушерства та хірургії, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3954-7568>

ВІРУС ГЕПАТИТУ Е КРОЛІВ В УКРАЇНІ

Шкромада О. І., Дудник Є. О., Вареник Л. В.

Вірус гепатиту Е (HEV), родина *Hepeviridae*, вид *Paslahepevirus balayani*, є основною причиною гострого ентеропередаваного гепатиту в усьому світі, особливо в країнах, що розвиваються, де його вплив на здоров'я населення є суттєвим. *P. balayani* має 8 генотипів. Зоонозні генотипи 3 та 4 поширені в усьому світі та передаються людям через споживання інфікованих продуктів тваринного походження або контакт з інфікованими тваринами, зокрема свинями. Були зібрані 108 свіжих зразків фекалій клінічно здорових каліфорнійських свійських кроликів (*O. cuniculus*), народжених та вирощених на приватних сімейних фермах у Сумській області, на північному сході України. Ми виявили РНК HEV в 1 (0,93%, 95% ДІ 0,02%–5,05%) зразку калу кролика зі 108 протестованих зразків. Ми отримали 1 фрагмент геному з ORF2 та 2 фрагменти з ORF1. Аналіз послідовності підтвердив ідентичність геному як HEV. Фрагмент ORF2 показав ідентичність з 2 людськими послідовностями зі Швейцарії: 92,04% ідентичність з номером доступу GenBank OX044324 та 91,72% з номером доступу GenBank OV844765. Один фрагмент ORF1 показав ідентичність з послідовностями кролика з Австралії: 91,42% з номером доступу GenBank MW002522 та 90,99% з номером доступу GenBank MZ676756. Інший фрагмент ORF1 демонстрував меншу схожість із послідовностями зі зразків людини з Франції та зразків кроликів з Китаю.

Філогенетичне дерево РНК-залежної РНК-полімерази вірусу гепатиту Е (HEV) кролів, Україна, 2024. Дерево включає 51 нуклеотидну послідовність HEV з референтними послідовностями, отриманими з GenBank, що відображаються з їх номером доступу, генотипом та субгенотипом. Дерево структуровано в окремі кластери, що відповідають різним генотипам та субгенотипам HEV; виявлені групи послідовностей у кластері HEV-3ra. Таке розташування вказує на його тісний зв'язок з раніше зареєстрованими послідовностями HEV кролів. Аналіз послідовності підтвердив ідентичність геному як HEV. Підсумовуючи, це дослідження надає докази циркуляції HEV в Україні, зокрема потенційно зоонозного HEV-3ra у свійського кролика, усуваючи ключову прогалину в його епідеміології. Подальші дослідження повинні розширити вибірку серед видів і регіонів, використовуючи молекулярні та серологічні дослідження для уточнення динаміки передачі та ризиків для громадського здоров'я.

Ключові слова: вірус гепатиту, кролики, філогенетичне дерево, HEV.

Шкромада Оксана Іванівна, доктор ветеринарних наук, професор, кафедра біотехнології та хімії, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1751-7009>

Дудник Євгенія Олександрівна, доктор філософії, кафедра ветеринарно-санітарного інспектування, мікробіології, гігієни та патологічної анатомії, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0735-3779>

Вареник Людмила Володимирівна, доктор філософії, кафедра біотехнології та хімії, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-7216>

2

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

11

ЕКОНОМІКА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Ремига Ю. С., Остапенко Т. Г., Щербатих Д. В.

12

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДУ ДО ДІАГНОСТУВАННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА МЕДУ

Марченко В. М., Усик О. В.

13

РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА РІВНІ СТРАТЕГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Волинець Л. М., Янішевський А. А., Волинець Я. Є.

14

ESTIMATING INCREMENTAL CAUSAL EFFECTS IN DIGITAL ADVERTISING: DESIGN AND IDENTIFICATION FOR ENTERPRISE-SCALE RCTS

Ivitskiy Igor

15

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE INSTITUTIONAL SYSTEM OF PUBLIC ADMINISTRATION

Domalatrov Yerzhan, Chezhimbaeva Katipa

16

DEVELOPING AN ECONOMETRIC MODEL TO ASSESS THE IMPACT OF ENERGY EFFICIENCY AND THE SHARE OF ALTERNATIVE ENERGY ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Ahmadzade Emin, Balayev Rasul, Rzayeva Ulviyya

ЕКОНОМІКА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Ремига Ю. С., Остапенко Т. Г., Щербатих Д. В.

Об'єктом дослідження виступають підходи до формування цифрової економіки та їх вплив на систему управління транспортним підприємством. За умов військового стану транспортування стає засобом здійснення виробничих зв'язків в економічному середовищі. Перевезення вантажів і пасажирів наземним транспортом є елементом активізації економічної системи, цифровізація якої є важелем осучаснення продуктивних сил та відповідних виробничих відносин. Проблема, яка вирішується пов'язана з визначенням впливу цифрових технологій на систему менеджменту транспортного підприємства. Дослідження економіки діджиталізації дозволяє виявити акценти та компоненти системи управління різними підприємствами і транспортними зокрема. Таке вивчення необхідне для окреслення умов розвитку управління та економічної системи цифровізації транспортної галузі. Розуміння напрямів використання діджиталізації стає у нагоді при модернізації управлінських та економічних важелів впливу на отримання прибутку. Такі напрями – це використання штучного інтелекту, інформаційних технологій, телекомунікаційних гаджетів, соціальних медіа та різних застосунків, а також електронного документообігу. Ці важелі активно застосовуються в діяльності транспортних компаній. Таким чином, дослідження було спрямоване на виявлення найбільш показових напрямів діджиталізації для розуміння їх природи та наслідків застосування у практиці транспортних підприємств. Було оцінено та визначено підходи до тлумачення системи управління зокрема транспортним підприємством. Окреслено елементи системи управління : від функцій до працівників, що виконують ці функції. Також наведено та обставини, що впливають на систему управління саме транспортним підприємством. Також зафіксовано те, що визначає особливості розвитку транспортної галузі в Україні і світі. Особливості формування діджитал системи на підприємствах авіаційної, залізничної, автодорожньої та морської сфер в рамках транспортного сегменту національного господарства. Висновки, отримані в результаті дослідження, дозволяють зрозуміти сутність цифрової економіки та умови її використання при формуванні систем різного роду та управлінських зокрема. Як приклад було обране підприємство, назву якого змінили (на прохання керівників цієї компанії), оперативно були надані дані, на базі якого було проведено багатофакторний регресійний аналіз. Результати цього аналізу засвідчують висновок про те, що діджиталізація не активно впливає на прибутковість підприємства і є тим чинником, що опосередковано забезпечує дохід компанії. Дане підприємство є середнім та має свій парк автомобілів, який використовується у внутрішніх та міжнародних перевезеннях. Підприємство має лінійну організаційну структуру, яка є якісним чинником формування діджитал підходів до управління транспортною діяльністю. Умови розвитку діджиталізації системи управління транспортним підприємством (на прикладі ТОВ «ТРАНСПОРТ і Ко») передбачають те, що усі процеси компанії можна поділити на основні, допоміжні та управлінські. Основний процес – це процес, в результаті якого створюється послуга, на який і має впливати цифровізація в системі управління підприємством. Був проведений багатофакторний аналіз, який показав, що вплив основних показників цифровізації на прибутковість транспортного підприємства не є вирішальним і мають накопичитися ресурси для визначального впливу на економічну ефективність діяльності компанії. При їх здійсненні зростає цінність послуги. Тобто, сам процес організації послуг перевезення і є основним процесом. Вони відрізняються видами перевезення та умовами ІНКОТЕРМС, за яким здійснюється організація перевезення. Допоміжні процеси, зокрема і щодо діджиталізації, сприяють здійсненню основних процесів. Допоміжні процеси підлягають у більшій мірі цифровізації ніж всі інші процеси в управлінні підприємством. Всі допоміжні процеси ТОВ «ТРАНСПОРТ і Ко» орієнтуються на автоматизацію та використання ІІІ. Управлінські процеси полягають у координуванні всієї діяльності ТОВ «ТРАНСПОРТ і Ко», забезпечуючи результат та його покращення.

Ключові слова: діджиталізація, цифрові технології, штучний інтелект, система управління, транспортна галузь.

Ремига Юлія Сергіївна, кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра менеджменту та логістики, Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет», бул. Володимира Вернадського, 16В, м. Київ, Україна, 03115, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7162-5081>

Остапенко Тетяна Геннадіївна, доктор економічних наук, доцент, кафедра економіки, фінансів та обліку, Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет», бул. Володимира Вернадського, 16В, м. Київ, Україна, 03115, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2032-1365>

Щербатих Денис Володимирович, кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра економіки, фінансів та обліку, Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет», бул. Володимира Вернадського, 16В, м. Київ, Україна, 03115, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-8376>

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДУ ДО ДІАГНОСТУВАННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА МЕДУ

Марченко В. М., Усик О. В.

Виробництво меду відноситься до тих видів економічної діяльності, які супроводжуються сукупністю об'єктивних та суб'єктивних ризиків різної природи свого походження, що призводить до нестійкості фінансового стану як суб'єктів ринку, так і економіки країни в цілому. Адже фінансова безпека виробника впливає на фінансову безпеку всіх учасників ланцюга формування доданої вартості меду. Дослідження стану фінансової безпеки та удосконалення методики її діагностування є об'єктом даного дослідження. Сьогодні проблема оцінювання фінансової безпеки не є новим науковим напрямом досліджень, однак представлені підходи не вирішують задачі оцінювання глибини формування фінансових небезпек для поточної діяльності та стратегічного розвитку суб'єктів. Для підвищення об'єктивності аналітичного забезпечення розвитку підприємств запропоновано методичні підходи діагностування стану фінансової безпеки підприємств в залежності від рівня її управління. Для цього виокремлено 2 рівні глибини оцінювання фінансової безпеки: стратегічний (ризик розвитку) та поточний (ресурсний та фінансовий). Для кожного рівня дослідження сформована сукупність показників, яка дозволяє кількісно оцінити та проаналізувати короткострокову, середню та довгострокову фінансову безпеку підприємства. У запропонованій методиці група показників ресурсного забезпечення фінансової стійкості (або ресурсної стійкості) відображає наявність функціонуючого капіталу (оборотних активів) для покриття поточних зобов'язань. Ця група показників демонструє наявність у підприємства грошових засобів, ліквідних цінних паперів, поточних активів для погашення поточних зобов'язань. Зазначена група показників формує базовий (поточний) рівень фінансової безпеки, оскільки характеризує наявність ризиків поточної діяльності, які обумовлені потребою наявності джерел для здійснення розрахунків за обов'язковими зобов'язаннями підприємства: оплати праці, розрахунків з постачальниками, оплати податків тощо. Група показників грошового забезпечення в сукупності відображають забезпеченість підприємства власними коштами (власним капіталом), можливості фінансування при поверненні боржниками дебіторської заборгованості та обсяги кредиторської заборгованості, залучені в операційну діяльність до настання строку її повернення кредиторам. Група показників стратегічного рівня характеризує сукупність ризиків стратегічного розвитку, причиною виникнення яких є динамічне зниження обсягів нерозподіленого прибутку підприємств та резервного капіталу, зменшення розміру власного капіталу, зростання позикових коштів у структурі джерел фінансування діяльності підприємств. За результатами аналізу ресурсної безпеки діяльності підприємств з виробництва та торгівлі медом можна зробити висновок про те, вони мають різний її стан. За наявністю станів загроз, небезпек та ризиків виокремлено три групи підприємств: підприємства, діяльність яких провадиться в стані ресурсної безпечності з незначними тимчасовими відхиленням окремих показників вибірки; підприємства, стан окремих показників оцінювання в яких має стійкі ризикові та небезпечні стани ресурсного забезпечення діяльності; підприємства, більшість показників оцінювання яких перебуває в зоні загроз, небезпек та ризиків. Проведене групування підприємств дозволяє припустити, що підприємства, які входять до третьої групи, потребують значних позикових коштів для забезпечення потреб своєї операційної діяльності. На основі проведених оцінювань стану грошового забезпечення підприємств з виробництва та торгівлі медом можна зробити наступні узагальнюючі висновки: попри наявність персоніфікованих небезпек та ризиків, властивих кожному із підприємств вибірки, варто виділити узагальнюючі проблеми, які притаманні більшості із них. Зокрема, більшість підприємств мають проблеми поточної та дебіторської заборгованості. Виходячи з ідентифікованих узагальнених проблем, можна означити, що дослідження причин їх виникнення лежить в площині деталізованого аналізу термінів виконання поточних зобов'язань та форм платежів за контрактами поставки продукції споживачам. Отриманий результат, ймовірно, пов'язаний з тим, що погіршення стану грошового забезпечення діяльності підприємств пов'язане зі значними ризиками неповернення дебіторської заборгованості. Кредитна форма платежу, платіж по факту поставки обумовлює зростання дебіторської заборгованості. На рівні оцінювання стратегічної безпеки підприємств з виробництва меду виявлено значне погіршення стійкості їх економічного зростання, зростання фінансового ризику, фінансової залежності. За результатами апробації запропонованого підходу зроблено висновок про те, що підвищення рівня фінансової безпеки підприємств, учасників ланцюга формування доданої вартості меду, пов'язане з відсутністю ефективної політики кредитування покупців, низькою прибутковістю їх діяльності та значними обсягами позикових коштів.

Ключові слова: фінансова безпека, ризики, стратегічна безпека, ресурсна безпека, грошова безпека

Марченко Валентина Миколаївна, доктор економічних наук, професор*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4756-3703>

Усик Олександр Вікторович, аспірант*, ORCID: <https://orcid.org/0009L0000L1566L7922>

*Кафедра економіки та підприємництва, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна, 03056

РЕСУРСОЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА РІВНІ СТРАТЕГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Волинець Л. М., Янішевський А. А., Волинець Я. Є.

Невпинні атаки ворога спричиняють зростаючий дефіцит електропостачання та паливну кризу в Україні. Ресурсоефективність на стратегічному рівні управління логістичними підприємствами є об'єктом дослідження.

Для вирішення зазначеної проблеми запропоновано використання системного підходу при реалізації концепції ресурсозбереження, що здійснюється за допомогою стратегічних рішень впровадженням організаційно-економічного механізму управління процесом ресурсозбереження в діяльність логістичних підприємств.

Запропонований підхід передбачає інтеграцію стратегічного, оперативного планування та регулювання. Основними принципами формування ресурсозберігаючої моделі є об'єктивність, збалансованість, диференціація, еквівалентність.

Отриманий результат підтверджує, що механізм ресурсозбереження формується як інтегрована сукупність організаційно-інституційних та інструментарних елементів впливу ресурсозберігаючих заходів на еколого-економічний потенціал підприємства. Завдяки комплексній взаємодії всіх складових забезпечується підвищення соціо-еколого-економічної ефективності.

Ключові слова: стратегічне управління, логістична діяльність, механізм ресурсозбереження, еколого-економічна ефективність.

Волинець Людмила Миколаївна, кандидат економічних наук, професор, кафедра логістики та проектного менеджменту, Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5064-2349>

Янішевський Андрій Андрійович, здобувач вищої освіти, кафедра логістики та проектного менеджменту, Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2700-803X>

Волинець Яна Євгеніївна, здобувач вищої освіти, кафедра міжнародні перевезення та митний контроль, Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6021-6198>

ESTIMATING INCREMENTAL CAUSAL EFFECTS IN DIGITAL ADVERTISING: DESIGN AND IDENTIFICATION FOR ENTERPRISE-SCALE RCTS

Ivitskiy Igor

Incrementality is the expected difference in outcomes under exposure to an ad strategy versus no exposure for the same units. Let $\tau = E[Y(1) - Y(0)]$, where $Y(1)$ and $Y(0)$ are potential outcomes for a unit such as a person, household, or cookie. In platform settings the assigned treatment (Z) and realized exposure (D) diverge because auctions, pacing, and brand safety rules block many impressions. The intent-to-treat estimator $\widehat{\tau}_{ITT} = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0$ is unbiased under random assignment, where $\bar{Y}_1$ and $\bar{Y}_0$ are group means by assignment. When only a fraction $\pi = P(D = 1 | Z = 1)$ triggers exposure and there is one-sided noncompliance, a common estimand is the local effect on triggered users, approximated as $\widehat{\tau}_{LATE} \approx \widehat{\tau}_{ITT}$, provided monotonicity and exclusion hold. Designs that implement “ghost ads” pair each won auction with its counterfactual control twin, improving the alignment between (Z) and (D) and reducing cost relative to public service ads.

At enterprise scale, precision, not point bias, often limits decision speed. Pre-experiment covariates supply variance reduction without changing the estimand. Define a covariate (X), for example pre-period outcome. The CUPED adjustment constructs $\tilde{Y}_i = Y_i - \theta(X_i - \bar{X})$ with $\theta = \text{cov}(Y, X)/\text{var}(X)$. Estimating $\widehat{\tau}_{ITT}$ on $\tilde{Y}$ reduces variance by approximately $(1 - \rho^2)$, where ρ is the correlation between Y and X . This enables shorter tests or more arms for the same power in production.

Advertising platforms induce interference. One user's exposure can affect another user's outcome through auction dynamics or social spillovers, which violates SUTVA. Cluster randomization by geography or market segment mitigates this, at the price of a design effect $DE = 1 + (m - 1)\rho_{ICC}$, where m is average cluster size and ρ_{ICC} is the intra-cluster correlation. Matched-market or time-based regression designs pair similar regions and estimate a stratified average $\hat{\tau} = \sum_g w_g(\bar{Y}_{1g} - \bar{Y}_{0g})$ with $w_g = N_g/N$. These designs have been deployed for brand and app campaigns when user-level randomization is infeasible.

A related risk is competitive interference when multiple advertisers experiment in parallel. Ignoring parallel tests yields effects “in place,” not effects under typical competition. Designs that monitor market-level ad pressure and model concurrent tests produce more policy-relevant incrementality estimates and guard against twofold misvaluation observed in practice.

Enterprise RCTs also interact with portfolio bid strategies such as Target CPA or ROAS. These controllers reallocate budget across campaigns based on short-horizon signals. During a lift study, a portfolio controller may shift spend away from the control arm or throttle inventory in ways that blur (Z) and counterfactual exposure. A pragmatic solution is to freeze portfolio coupling for the experimental campaigns, set hard guardrails on pacing, and validate that impression-level assignment remains ignorable after throttling. For operators, the actionable rule is simple, design first, automation second.

Power and duration follow standard approximations. For a continuous metric with pooled variance σ^2 and minimum detectable effect Δ , a balanced two-arm design needs approximately $n \approx \frac{2\sigma^2(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta^2}$ per arm, with α the test size and β the type II error. With triggering, replace Δ by $\pi\Delta$ or use trigger-aware estimators to avoid dilution. Variance reduction via CUPED or modern ML-aided control variates further shrinks σ^2 without changing the estimand.

A scalable workflow is therefore: define the estimand tied to the decision rule, select unit of randomization to balance compliance and interference, enforce assignment integrity in the presence of bidding automation, apply pre-period adjustment, and use either user-level randomization with ghost-ad logging or cluster designs when interference dominates. Finally, maintain an archive of RCTs to train predictive incrementality models that forecast lift for campaigns where RCTs are impractical, thereby converting experimentation into a reusable asset rather than a one-off study.

Keywords: Digital advertising, RCT, Digital marketing, cluster randomization, intra-cluster correlation, target CPA.

Ivitskiy Igor, PhD, Associate Professor, Founder, Doctor Ads LTD, 124 Borschagivska str., Kyiv, Ukraine, 02000

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-6414>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE INSTITUTIONAL SYSTEM OF PUBLIC ADMINISTRATION

Domalatov Yerzhan, Chezhimbaeva Katipa

Modern governments are facing a steadily increasing complexity of management processes, growing volumes of administrative data, and the need to ensure the speed of decision-making while maintaining transparency and accountability. In this context, artificial intelligence (AI) is becoming a key tool for institutional development, enabling improved quality and speed of management functions. However, the implementation of AI in public administration is taking place against a backdrop of fragmented departmental information systems, diverse regulatory regimes, and differences in the digital maturity of government agencies, complicating the development of a unified digital transformation trajectory. To systematize AI implementation processes, we propose considering public administration as an institutional model comprising three interconnected levels:

1) Strategic level – formulating public policy in the field of AI, developing ethical and regulatory frameworks, identifying priority areas of application, and ensuring interdepartmental coordination.

2) Organizational and managerial level – adapting administrative processes to the use of algorithmic tools, redistributing functions between civil servants and digital systems, implementing data quality standards and algorithm-based workflow regulations.

3) Technological level – using applied AI solutions (predictive analytics, NLP services, risk analysis systems, intelligent government services), as well as data processing and cybersecurity infrastructure.

Within this institutional model, three main models for implementing AI in public administration are distinguished:

1) A service model focused on automating government interactions with citizens (e.g., chatbots, intelligent request routing, digital assistants);

2) An analytical model, which involves the use of machine learning algorithms to predict socioeconomic processes and support decision-making;

3) A regulatory and supervisory model, based on the use of AI to identify risks, control, monitor, and ensure compliance.

Despite significant potential, the institutional integration of AI is accompanied by a number of systemic risks. The most significant are:

- leakage or misuse of personal data caused by insufficient protection of interdepartmental information systems;

- algorithmic opacity and the inability to explain decisions, which reduces public trust and complicates administrative accountability;

- Algorithmic bias arising from poor-quality or incomplete data, which can lead to erroneous management decisions in education, social support, and tax administration;

- Cyber risks associated with attacks on government algorithmic platforms;

- Institutional under preparedness of personnel, expressed in a lack of competencies to interpret and correctly apply AI systems.

Nevertheless, the institutional impact of AI implementation remains significant. AI has the potential to significantly improve the speed of information processing, the accuracy of management decisions, the targeting of government support, and enhance the operational resilience of government agencies. A key factor in achieving these effects is the combination of technological solutions with institutional reforms: data standardization, the implementation of ethical regulations, the development of civil servant competencies, and the creation of public accountability mechanisms.

Therefore, the use of artificial intelligence in public administration should not be viewed as an isolated technological innovation, but as an element of a comprehensive institutional transformation. The effectiveness of AI implementation depends on the state's ability to integrate algorithmic tools into the governance system, taking risks into account, ensuring decision transparency, and creating conditions for the sustainable and secure functioning of the digital state.

Keywords: public administration, artificial intelligence, institutional model, digital transformation, AI risks, management decisions.

Domalatov Yerzhan, Master of Economic Sciences, PhD-Candidate, Department of Economics, Management and Finance, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, 30 Gvardeiskoi Divizii str., 34, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, 070000, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-9282>

Chezhimbayeva Katipa, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Telecommunication Engineering, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named Gumarbek Daukeyev, Baitursynuly str., 126/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050013
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1661-2226>

DEVELOPING AN ECONOMETRIC MODEL TO ASSESS THE IMPACT OF ENERGY EFFICIENCY AND THE SHARE OF ALTERNATIVE ENERGY ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Ahmadzade Emin, Balayev Rasul, Rzayeva Ulviyya

Azerbaijan is a country rich in natural resources and has the potential to expand its use of alternative energy. However, as in many resource-rich countries, hydrocarbons play a fundamental role in the Azerbaijani economy. Despite efforts to reduce fossil fuel use, alternative energy accounts for only a small share of total energy production. This article focuses on developing an econometric model to assess the impact of energy-efficiency factors and the increasing share of alternative energy in Azerbaijan's economy on greenhouse gas emissions.

One of the drivers of catastrophic climate change is the persistent use of traditional energy resources. The global literature has detailed how the global environmental crisis is a direct consequence of the barbaric destruction of natural resources and the growth of greenhouse gas emissions. However, for resource countries with transition economies, including Azerbaijan, the impact of factors such as energy efficiency or the share of renewable energy in total energy generation is not considered, as these countries have their own unique characteristics associated with the predominance of fossil fuel energy production and consumption, as well as the low level of renewable energy generation.

The study aims to construct an integrative model to assess the impact of three independent variables – the volume of electricity generated from renewable sources, the share of alternative energy in the country's energy balance, and energy efficiency, measured by GDP per unit of energy consumption – on the dependent variable, which is the level of annual greenhouse gas emissions. The dataset is based on official national and international panel data for 2007–2023.

An analysis of energy production indicators revealed that, despite existing opportunities and trends in the global energy sector, renewable energy production in Azerbaijan is unstable and low. The dynamics of renewable energy generation are uneven, with a peak in 2010. A correlation analysis revealed an implicit link between renewable energy capacity and emission reductions. At the same time, the impact of energy efficiency demonstrates a consistent and inverse relationship with greenhouse gas levels.

An analysis of the indicators confirmed that the econometric model estimated by ordinary least squares has high explanatory power. Energy efficiency was the most statistically significant independent variable. The impact of the volume of electricity generated from renewable sources and the share of alternative energy in the country's energy balance on emissions was weaker and less robust statistically. This is likely due to the small share of renewable energy in Azerbaijan's energy balance and the sector's underdeveloped infrastructure.

Despite existing international public administration practices in energy conservation and energy efficiency that could serve as a model for a large-scale transition to renewable energy, the country faces institutional, infrastructural, and technological barriers to renewable energy development. These include a general lack of investment in the Azerbaijani economy, imperfect resource allocation mechanisms, and the need to accelerate growth in electricity storage capacity. These factors do nothing to reduce emissions. However, empirical studies show that strengthening the existing regulatory framework and creating a favorable investment environment through tax incentives can significantly unlock the potential of renewable energy sources.

The study's key findings highlight the separation of emission-reduction effects into short- and long-term periods. The short-term impact in Azerbaijan can be achieved through increased energy efficiency. At the same time, a significant long-term reduction in carbohydrate emissions is only possible with a substantial increase in the share of renewable energy sources, reaching the 15–20% thresholds noted in the literature. Thus, the energy transition entails both the rational use of energy resources and the development of renewable energy sources.

The study concludes that energy efficiency significantly reduces greenhouse gas emissions in Azerbaijan. The role of renewable energy sources in this trend remains secondary. However, striking a balance between energy conservation and renewable energy development is the foundation of long-term climate policy and the sustainable development of the country's energy sector.

Keywords: countries with transition economies, renewable energy, climate change, emission-reduction influence, econometric analysis

Ahmadzadeh Emin, PhD in Economics, PhD student in the Doctor of Science program, Agrarian Research Center of the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Tabriz str., 94, Baku, Azerbaijan, AZ1072
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4818-0137>

Balayev Rasul, Professor, Department of Digital Technologies and Applied Informatics, Azerbaijan State University of Economics (UNEC), İstiglaliyyat str., 6, Baku, Azerbaijan, AZ1001,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7642-1635>

Rzayeva Ulviyya, Associate Professor, Department of Digital Technologies and Applied Informatics, Azerbaijan State University of Economics (UNEC), İstiglaliyyat str., 6, Baku, Azerbaijan, AZ1001
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5881-6633>

3

ПЕДАГОГІЧНІ НАУКИ

18

ПЕРЕВАГИ І РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В
УНІВЕРСИТЕТСЬКІЙ ОСВІТІ

Білецький В. С., Онкович Г. В.

УДК 004.8:378(062.552)

ПЕРЕВАГИ І РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УНІВЕРСИТЕТСЬКІЙ ОСВІТІ

Білецький В. С., Онкович Г. В.

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) істотно трансформує освітнє середовище, змінюючи підходи до навчання, викладання та управління у вищій школі. Університети стикаються з необхідністю інтегрувати інтелектуальні системи, водночас зберігаючи високу якість освіти, дотримання принципів академічної доброчесності та забезпечення рівного доступу до цифрових інструментів. У цьому викладі проаналізовано ключові переваги та ризики застосування ШІ з урахуванням педагогічних, організаційних та етичних аспектів і досвіду роботи авторів.

Індивідуалізація навчального процесу (адаптивні ШІ-системи забезпечують персоналізовану подачу навчальних матеріалів, орієнтовану на рівень підготовки, навчальний темп та освітні потреби окремого студента. Це сприяє підвищенню ефективності засвоєння знань та академічної мотивації, розширює можливості інклюзивності, зокрема для здобувачів освіти в умовах війни.

Підтримка ШІ викладацької діяльності автоматизує значну частину рутинних педагогічних і адміністративних процесів, зокрема перевірку тестових завдань, формування статистичних звітів.

Інтелектуальні ШІ-системи оперативно генерують пояснення, стислий виклад матеріалу та (за запитом) додаткові приклади, автоматичний переклад, що полегшує і унаочнює виклад складних тем.

Застосування ШІ дозволяє виконати ряд дослідницьких операцій: прискорює пошук наукових джерел, реферування й моделювання. Це підтримує дослідницьку роботу, спрощує формування гіпотез, полегшує обробку великої кількості первинних експериментальних даних.

Порушення академічної доброчесності: використання студентами ШІ-генерованих текстів для створення навчальних робіт без належного опанування матеріалу становить серйозну загрозу (під час сесій за даними авторів зустрічається до 25–30 % ШІ-генерованих робіт).

Зниження рівня критичного мислення студентів – надмірна залежність від автоматизованих відповідей послаблює навички самостійного аналізу, інтерпретації та творчого мислення. Неоднозначність і можливі помилки ШІ-генерованих текстів часто містять застарілі або неточні твердження. Тому застосування ШІ потребує критичної оцінки результатів та їх обов'язкової перевірки (верифікації).

Ефективне впровадження ШІ вимагає розвиненої цифрової інфраструктури, сучасного технічного забезпечення, значних інвестицій, що сьогодні недоступне для окремих закладів вищої освіти.

ШІ спричиняє ризики для приватності. Тут необхідним є розроблення чітких протоколів кібербезпеки та етичних норм використання даних.

ШІ є потужним інструментом модернізації університетської освіти, сприяючи підвищенню її гнучкості, персоналізованості та ефективності. Однак його інтеграція потребує зваженого, регульованого та етично орієнтованого підходу. Поєднання інновацій із фундаментальними принципами академічної культури – критичним мисленням, доброчесністю та автономією викладача – є ключовою умовою успішного використання ШІ у вищій освіті.

Ключові слова: штучний інтелект, університет, освіта, переваги і ризики.

Білецький Володимир Стефанович, доктор технічних наук, професор, кафедра видобування нафти, газу і конденсату, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 21, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2936-9680>

Онкович Ганна Володимирівна, доктор педагогічних наук, професор, Спілка журналістів України, вул. Хрещатик, 27-а, м. Київ, Україна, 01001
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9493-9104>

4 ТЕХНІЧНІ НАУКИ

20 БЕЗПЕКА

26 ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ
ТА ТЕХНОЛОГІЇ

31 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ

53 МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

67 ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

77 ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ

86 ХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ



БЕЗПЕКА

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

21

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ УХИЛЕННЯ СУДЕН ЗА МПЗЗС-72 ТА АЛГОРИТМАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО МАНЕВРУВАННЯ

Калініченко Є. В., Колеснік О. В.

22

ВПЛИВ СИНХРОННОГО ТА ПАРАМЕТРИЧНОГО КОЧЕННЯ НА БЕЗПЕКУ І НАДІЙНІСТЬ КОНТЕЙНЕРОВИЗІВ ВЕЛИКОЇ МІСТКОСТІ ТА ЗАСОБИ ЙОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ

Калініченко Є. В., Заєць А. Ю.

23

DETERMINATION OF THE INDIVIDUAL BEHAVIORAL NORM OF A METRO TRAIN DRIVER

Vynohradov Oleksii, Samsonkin Valerii, Yurchenko Dmytro

24

AUTOMATED SYSTEM FOR EARLY DETECTION OF UNDERGROUND FIRES

Telbayeva Shynar, Avdeyev Leonid, Zhumagulova Dinara

25

ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАЙМАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Рибка Є. О., Маладика Л. В.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ УХИЛЕННЯ СУДЕН ЗА МПЗЗС-72 ТА АЛГОРИТМАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО МАНЕВРУВАННЯ

Калініченко Є. В., Колеснік О. В.

Стрімкий розвиток автономного судноплавства та впровадження алгоритмів штучного інтелекту формує нові вимоги до забезпечення безпеки морського руху. Сучасні навігаційні комплекси поєднують радіолокаційні датчики, AIS, системи аналізу траєкторій та алгоритмічні модулі ухвалення рішень, проте лишається відкритим питання відповідності дій таких систем нормативним вимогам МПЗЗС-72 та принципам «хорошої морської практики».

Об'єктом дослідження є процес ухилення суден від зіткнення у контексті МПЗЗС-72 та алгоритмів штучного інтелекту, що застосовуються в автономних системах навігації. Предмет дослідження становлять методи формалізації вимог правил 8, 13–17 та 19 МПЗЗС-72 у алгоритмічні структури ухвалення рішень, метрики порівняння ефективності маневру та критерії досягнення еквівалентного рівня безпеки (Equivalent Level of Safety, ELoS) між діями людини та машинними системами. Метою роботи є проведення порівняльного аналізу стратегій ухилення суден, що ґрунтуються на положеннях МПЗЗС-72, та алгоритмів штучного інтелекту (Model Predictive Control, Hybrid COLAV, Deep Reinforcement Learning), а також визначення умов, за яких автономна система може забезпечити поведінкову та нормативну еквівалентність традиційним рішенням судноводія.

Методологічну основу дослідження становлять аналіз і узагальнення наукових та нормативних джерел з проблематики ухилення від зіткнень і автономного судноводіння, формалізація положень МПЗЗС-72 у вигляді логіко-алгоритмічних моделей, порівняльний аналіз стратегій ухилення людини і алгоритмів ШІ, сценарний аналіз типових ситуацій розходження та перетину курсів, а також елементи імітаційного моделювання для оцінювання параметрів маневру.

У ході дослідження проаналізовано три групи стратегій ухилення: традиційні дії судноводія, алгоритми прогнозного керування та системи машинного навчання. Встановлено, що класичний підхід, заснований на правилах 8, 13–17 МПЗЗС-72, забезпечує не стільки оптимальність траєкторії, скільки читабельність і передбачуваність маневру для іншого судна. Натомість алгоритми на основі Model Predictive Control формують набір оптимальних траєкторій з урахуванням обмежень керованості та прогнозів зміни обстановки. Гібридні системи COLAV поєднують локальне планування траєкторії й глобальний контроль допустимості маневру, тоді як алгоритми глибокого навчання демонструють здатність відтворювати узагальнені патерни поведінки, але потребують чіткої формалізації нормативних «правил поведінки», які в людини значною мірою мають інтуїтивний характер.

Проведений аналіз показав, що головною проблемою інтеграції штучного інтелекту у навігаційні системи є невідповідність між якісними вимогами МПЗЗС-72 (своєчасність, ясність, достатність дій) та кількісною природою алгоритмів. Для їх узгодження запропоновано матрицю відповідності між правилами руху та алгоритмічними модулями ухилення, що дозволяє визначити межі застосування МРС, гібридних систем та моделей машинного навчання у різних сценаріях розходження.

Авторами сформульовано поняття «читабельності маневру» як ключової ознаки хорошої морської практики, що має бути відтворена алгоритмічно. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що автономні системи можуть забезпечувати еквівалентний рівень безпеки у змішаному флоті за умови інтеграції алгоритмів прогнозного керування з поведінковими критеріями good seamanship та застосуванням формалізованої моделі ситуаційної обізнаності. Запропонований підхід може бути використаний у процесі подальшої сертифікації навігаційних систем автономних суден, а також при розробленні стандартів оцінювання їх відповідності МПЗЗС-72.

Ключові слова: автономне судноводіння, МПЗЗС-72, ухилення від зіткнень, штучний інтелект, еквівалентність безпеки.

Калініченко Євгеній Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра навігації і керування судном, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-7313>

Колеснік Олександр Володимирович, старший викладач кафедри, кафедра навігації і керування судном, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3713-2015>

ВПЛИВ СИНХРОННОГО ТА ПАРАМЕТРИЧНОГО КОЧЕННЯ НА БЕЗПЕКУ І НАДІЙНІСТЬ КОНТЕЙНЕРОВИЗІВ ВЕЛИКОЇ МІСТКОСТІ ТА ЗАСОБИ ЙОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ

Калініченко Є. В., Заєць А. Ю.

Небезпечне кочення контейнеровозів великої місткості – одна з ключових причин втрати стійкості вантажу та контейнерних аварій у штормових умовах. У сучасній практиці мореплавства найчастіше механізми розвитку небезпечного кочення пов'язані з параметричним та синхронним (резонансним) режимами, що виникають унаслідок взаємодії судна зі спектром збурення хвиль, зміною остійності, нелінійною динамікою GZ-кривої та зовнішніми умовами руху.

Об'єктом дослідження є процес розвитку синхронного та параметричного кочення на контейнеровозах великої місткості в реальних штормових умовах. Предметом виступають умови збудження резонансного кочення, ефективність існуючих методів попередження та можливості створення інтегрованих навігаційно-аналітичних модулів для виявлення ризику кочення в реальному часі. Метою є визначення практичних і технічних рішень, які дозволяють запобігти втраті контейнерів за рахунок поєднання сучасних критеріїв остійності, аналізу хвильового збурення та оперативних дій судноводія.

Методологія ґрунтується на критичному огляді існуючих систем та методів попередження небезпечного кочення, аналізі реальних аварійних кейсів ONE APUS та MSC ZOE, що формують емпіричну основу дослідження, а також на оцінці стану сучасних тренажерних та аналітичних засобів для прогнозування кочення. У роботі застосовано логіко-аналітичний підхід до формування сценарних умов, визначення причинно-наслідкових зв'язків і розроблення оперативних рекомендацій.

Аналіз показує, що існуючі системи попередження кочення забезпечують лише “горизонталь знань”, тобто сукупність теоретичних уявлень про параметричне та синхронне кочення, але не формують “вертикаль управління” – системного шляху від моделі хвильового поля й критеріїв SGISC до конкретної дії судноводія на містку. Погодна маршрутизація та IT-системи вже технічно здатні інтегрувати хвильовий спектр, власні частоти кочення та індекси ризику, але не забезпечують інтуїтивного індикатора небезпеки в реальному часі, доступного офіцеру вахти.

З огляду на це розроблено концепцію інтегрованого інформаційно-аналітичного модуля, який пов'яже критерії SGISC, результати дослідження TopTier, класифікаційні вимоги та дані реального часу в єдину систему підтримки рішень задля уникнення кочення. Такий модуль забезпечує раннє виявлення небезпечних комбінацій: довгохвильове попутно-косе збурення для параметричного кочення або бортова/коса хвиля з відповідністю періодів для синхронного резонансу.

Практичний результат роботи полягає у розробленні оперативних рекомендацій для судноводіїв, що включають набір дій з уникнення параметричного та синхронного кочення: зміну курсу відносно хвилі, тимчасове зниження швидкості, обхід штормових ядер, уникнення режимів серфінгу та бродінгу, корекцію руху в умовах складної батиметрії та короткоперіодних хвильових систем.

Авторська інтерпретація результатів підкреслює, що запобігання коченню неможливе без переходу від фрагментарних методів (ізолюваних тренажерів, окремих критеріїв або текстових інструкцій) до єдиного управлінського контуру, в якому рішення судноводія узгоджуються з цифровими індикаторами ризику, а судно отримує проактивний захист від небезпечних режимів руху.

Ключові слова: параметричне кочення, синхронне кочення, контейнеровоз, хвильове збурення, штормові умови.

Калініченко Євгеній Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра навігації і керування судном, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-7313>

Заєць Анастасія Юрївна, кандидат технічних наук, доцентка, кафедра суднобудування та судноремонту ім. проф. Ю. Л. Воробьова, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5803-9069>

DETERMINATION OF THE INDIVIDUAL BEHAVIORAL NORM OF A METRO TRAIN DRIVER

Vynohradov Oleksii, Samsonkin Valerii, Yurchenko Dmytro

The individual norm of a metro train driver's professional behavior reflects the degree of his psychophysiological readiness for the safe operation of a train. Despite the development of automated control systems and the increasing prevalence of higher automation levels, the driver remains the essential link in the ergatic system, and his functional state significantly influences decision-making speed, attention concentration, and the ability to respond to non-standard situations. To enhance operational safety, new scientific approaches to analyzing the human factor in railway transport are being explored, demonstrating the limitations of organizational and regulatory methods in addressing the tasks of rapid, real-time diagnostics of an operator's individual functional state.

A study was conducted aimed at implementing an objective psychophysiological monitoring system that enables not only the identification of general behavioral patterns among personnel but also the formation of an individual performance profile for the metro train driver prior to the start of a shift. The Schulte–Gorbov tables were employed as a tool for rapid assessment, allowing the measurement of visual search speed, attentional stability and switching, coordination, and the tempo of cognitive activity. Daily measurements were carried out before and after each shift over the course of one month, which made it possible to accumulate a statistically significant dataset and to distinguish characteristic value ranges corresponding to three functional states: normal, drowsy, and fatigued.

Through mathematical processing of the results, individual normative intervals were determined for each functional state of the driver. A clear trend was observed indicating a decrease in overall performance capacity as the degree of functional fatigue increased, reflecting a slowdown in cognitive processes and a diminished ability to maintain attention. The obtained data demonstrate the statistical significance of the differences between the states and confirm the hypothesis that a driver's behavioral norm can be defined on the basis of individual psychophysiological indicators.

The proposed approach enables the development of a personalized model of driver readiness that can be integrated into pre-departure control procedures. Unlike formal medical examinations or subjective questionnaires, it provides a practical means of detecting short-term fluctuations in functional state that directly affect operational safety. Thus, objective monitoring of an individual behavioral norm can substantially enhance the reliability of metro operations and reduce risks associated with the human factor.

Keywords: human factor, metro train driver, psychophysiological state, behavioral norm, Schulte-Gorbov tables, traffic safety.

Виноградов Олексій Сергійович, аспірант, кафедра технологій транспорту та управління процесами перевезень, Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту Національного Транспортного Університету, вул. Котельникова, 29/18, м. Київ, Україна, 03115
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9096-9020>

Самсонкін Валерій Миколайович, доктор технічних наук, професор, кафедра технологій транспорту та управління процесами перевезень, Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту Національного Транспортного Університету, вул. Котельникова, 29/18, м. Київ, Україна, 03115
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1521-2263>

Юрченко Дмитро Олександрович, асистент, кафедра управління комерційної діяльності залізниць, Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту Національного Транспортного Університету, вул. Котельникова, 29/18, м. Київ, Україна, 03115
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5528-1278>

AUTOMATED SYSTEM FOR EARLY DETECTION OF UNDERGROUND FIRES

Telbayeva Shynar, Avdeyev Leonid, Zhumagulova Dinara

Underground endogenous and exogenous fires are one of the most dangerous factors in the development of coal deposits. They are accompanied by the release of toxic gases, increased temperature, impaired ventilation and can cause explosions of methane and coal dust, which poses a serious threat to the lives of miners and leads to significant economic losses. Traditional methods of detecting the initial stages of self-heating — visual observations and periodic gas analytical monitoring - do not provide continuous monitoring and are characterized by a high delay in obtaining information.

To solve this problem, it is advisable to equip coal mines with automated systems for early detection of underground fires, which will allow timely identification of dangerous situations and ensure the prompt implementation of protective measures.

The methodological approach is based on the use of modern highly sensitive sensors for carbon monoxide concentration, air temperature and ventilation jet parameters combined into a centralized automated monitoring system for the mine atmosphere. The system provides continuous monitoring at several observation points, performs signal filtering, analyzes trends in concentrations of indicator gases, and automatically determines the degree of fire risk of the site.

The assessment of early signs of a fire is carried out using a criterion based on the difference in carbon monoxide concentrations at the entrance and exit of the conveyor section, which makes it possible to classify the situation as dangerous, low-risk or non-hazardous.

The authors analyzed the actual data obtained by the automated mine atmosphere monitoring system. The initial parameters used were the concentrations of indicator gases, the parameters of the temperature and velocity of the ventilation jet, and the background values of the gas composition determined by regulatory methods. In addition, the dynamic characteristics of the gas curves were considered, including the rate of concentration change, the appearance of inflection points, and the formation of stable trends.

As a result of the development, a functional scheme of an automated system has been formed, including underground sensors, alarm devices, information reception and processing modules, a surface computing complex and a dispatcher interface. It is shown that the use of such a system significantly increases the efficiency of detecting the early stages of coal self-heating, increases the reliability of diagnostics by automatically adapting thresholds to local conditions and eliminating false alarms.

The results obtained are explained by the fact that the integration of data on the concentration of indicator gases, temperature, air velocity and analysis of the dynamics of their changes provides high information content and allows timely detection of self-heating foci at an early stage. This reduces the risk of major accidents, reduces the amount of preventive maintenance and reduces the cost of eliminating the consequences of underground fires.

Keywords: *underground fires, endogenous fires, exogenous fires, automated system, indicator gases, self-heating of coal, fire safety.*

Telbayeva Shynar, Doctoral student, Senior lecturer, Department of Industrial Process Automation, Karaganda Technical University named after Abylkasa Saginova, PR. N. Nazarbayeva ave., 56, Karaganda, Republic of Kazakhstan, 100027,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6208-4113>

Avdeev Leonid, Associate Professor, Department of Industrial Process Automation, Karaganda Technical University named after Abylkasa Saginova, PR. N. Nazarbayeva ave., 56, Karaganda, Republic of Kazakhstan, 100027
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4720-5823>

Zhumagulova Dinara, Senior Lecturer, Department of Industrial Process Automation, Karaganda Technical University named after Abylkasa Saginova, PR. N. Nazarbayeva ave., 56, Karaganda, Republic of Kazakhstan, 100027
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8830-7696>

ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАЙМАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Рибка Є. О., Маладика Л. В.

Безпека є критичною фундаментальною потребою людства. Пожежі становлять одну з головних загроз для її забезпечення. Вони призводять до людських жертв, травм та значних матеріальних збитків. Ефективним способом боротьби з пожежами є їх виявлення на ранній стадії. У разі неконтрольованого розвитку пожежі ускладнюється її гасіння, зростають економічні збитки, а також збільшується екологічна шкода навколишньому середовищу. Саме тому оперативне виявлення загоряння матеріалів є однією з головних складових забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різного призначення. В умовах пожежі в приміщеннях небезпечними параметрами, насамперед, є температура, концентрація чадного газу та питома оптична щільність диму газового середовища. Пошук методів виявлення динаміки небезпечних параметрів газового середовища на практиці дозволить виявити раннє загоряння матеріалів у приміщенні та запобігти можливому розвитку пожежі. Для дослідження хаотичності динаміки різних експериментальних даних розроблено відомий інструментарій, що ґрунтується на показниках Ляпунова. У реальних умовах динаміка небезпечних параметрів газового середовища при загорянні матеріалів є нелінійною з різним ступенем хаотичності. Показники Ляпунова на різних часових інтервалах динаміки будуть неоднаковими. У зв'язку з цим актуальним з точки зору оперативного виявлення загоряння у приміщеннях є дослідження найбільшого показника Ляпунова на інтервалах динаміки, що відповідають достовірній відсутності та наявності загоряння матеріалів. Проблема полягає у визначенні та розробці стратегії використання найбільшого показника Ляпунова за одновимірною вибіркою реальних забруднених вимірювань небезпечних параметрів газового середовища приміщень для оперативного виявлення займань матеріалів. Пожежі в приміщеннях часто характеризуються тлінням матеріалів, яке повільно розвивається. Порівняно з об'ємними пожежами, під час тління виділяється відносно невелика кількість теплової енергії, але поряд з цим тління призводить до значного збільшення концентрації газів і летких органічних сполук. Токсичні леткі речовини та задушливі гази можуть становити небезпеку для людей до появи густого диму і відкритого вогню. Вважаємо, що будь-яке горіння матеріалу спричиняє зміну його фізичних властивостей, що впливає на динаміку основних небезпечних параметрів газового середовища у приміщенні, таких як температура, концентрація токсичних продуктів горіння, а також щільність диму. Ці зміни безпосередньо пов'язані з тепловиділенням, масовою швидкістю вигорання матеріалу та швидкістю поширення полум'я. В різні моменти часу виділяється різна кількість токсичних продуктів горіння та тепла. Це означає, що оперативне виявлення загоряння матеріалів можна здійснювати з урахуванням особливостей тимчасової динаміки відповідних параметрів. Для цього було створено лабораторну камеру, що імітує негерметичне приміщення. Розміри камери склали 1500x1000x500 мм. В області стелі камери розміщувалися датчики, що вимірюють температуру, питому оптичну щільність диму і концентрацію чадного газу в газовому середовищі камери за відсутності та наявності загоряння тестових матеріалів. Вимірювання небезпечних параметрів газового середовища на інтервалах достовірної відсутності та наявності загоряння тестових матеріалів проводились у дискретні моменти часу з інтервалом 0,1 секунди. В якості тестових матеріалів було обрано спирт, папір та текстиль. Вибір зазначених матеріалів визначався їхньою різною питомою масовою швидкістю вигорання. Вимірювання значень вихідних сигналів відповідних датчиків характеризувалися відповідними множинами даних, які зберігалися в пам'яті комп'ютера для подальшої обробки з метою визначення показника Ляпунова для кожного з характерних інтервалів. Застосований метод базувався на обчисленні міри хаотичності досліджуваної динамічної системи, що породжує зміну параметрів газового середовища при займанні матеріалів.

Експериментально перевірено ознаки виявлення загорянь матеріалів на основі величини найбільшого показника Ляпунова динаміки для концентрації чадного газу, питомої оптичної щільності диму та температури газового середовища у лабораторній камері, що спостерігаються на інтервалах достовірної відсутності та наявності загоряння. Встановлено, що загоряння матеріалів призводять до зниження стійкості та переходу до хаотичної динаміки концентрації чадного газу та температури газового середовища. При цьому міра динаміки питомої оптичної щільності диму для досліджуваних матеріалів свідчить про незначну її зміну.

Ключові слова: показник Ляпунова, виявлення займань, небезпечні параметри газового середовища.

Рибка Євгеній Олексійович, доктор технічних наук, професор, науково-інноваційний центр, Національний університет цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18034
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

Маладика Лариса Володимирівна, Кандидат педагогічних наук, доцент, кафедра державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки, Національний університет цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18034
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1644-0812>



ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

27

ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Шматко О. В., Шевченко В. С.

28

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ СТРУМОМ ЗБУДЖЕННЯМ АВТОНОМНОГО
АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Василюк С. В., Василюк К. С., Залужний А. Л.

29

ІНІЦІЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИКЛАДНОГО ДОСЛІДНИЦЬКОГО ПРОЄКТУ З
УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ
ЛОКОМОТИВІВ З УРАХУВАННЯМ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЯГОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Нерубацький В. П.

30

OPTIMIZATION OF INDUCTION MOTOR PARAMETERS

Zharkymbekova Makpal, Sakitzhanov Markhabat

ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Шматко О. В., Шевченко В. С.

Проблематика прогнозування електроспоживання та генерації є ключовою для стабільного функціонування енергомереж, особливо в умовах високої варіативності попиту, інтеграції відновлюваних джерел енергії та цифровізації енергетики. Традиційні методи машинного навчання, зокрема рекурентні нейронні мережі (RNN), часто вимагають великих обсягів даних, мають високу обчислювальну складність і можуть втрачати точність у складних нелінійних режимах. Це зумовлює потребу у пошуку нових підходів, що поєднують ефективність, узагальнювальну здатність і швидкість обробки. Об'єктом дослідження є процес короткострокового прогнозування електропостачання з використанням квантових нейронних мереж (Quantum Neural Networks, QNN) як нового покоління інтелектуальних моделей для енергетичних систем. У представленому дослідженні вперше запропоновано застосування квантових нейронних мереж (QNN) для задач прогнозування параметрів електропостачання. Квантові моделі поєднують принципи квантової суперпозиції та запутаності, що дозволяє одночасно обробляти велику кількість станів і підвищує продуктивність навчання при обмежених наборах даних. Було розроблено та протестовано дві архітектури QNN, адаптовані до динаміки енергосистем: *Sinusoidal-Friendly QNN (SFQ)* – орієнтована на моделювання коливальних процесів у напрузі та струмі; *Polynomial-Friendly QNN (PFQ)* – оптимізована для апроксимації нелінійних характеристик зміни навантаження. Моделі були навчені на симуляційних наборах даних для типових енергосистем – *Single Machine Infinite Bus (SMIB)* та *WSCC 3-machine system* – із різною кількістю вхідних параметрів (від 4 до 19). Для оцінювання ефективності квантові моделі порівнювали з класичною рекурентною нейронною мережею (RNN), використовуючи метрики середньоквадратичної похибки (MSE), кількість епох до збіжності та параметрів у моделі. Розрахунки виконувались на квантовому симуляторі без шуму, що імітує роботу майбутніх квантових процесорів. Результати дослідження показали, що квантові моделі можуть ефективно прогнозувати короткострокові зміни параметрів електропостачання (навантаження, частоти, напруги) з високою точністю. Основні кількісні показники: середньоквадратична похибка (MSE) у найкращих експериментах не перевищувала 10^{-5} , що відповідає високій точності апроксимації; кількість параметрів у квантових моделях на 30–40% менша, ніж у класичних RNN; швидкість збіжності (кількість епох до стабільного результату) зменшилась у 2–3 рази; моделі QNN демонструють меншу чутливість до «проблемних» ознак, що часто викликають переобучення у класичних моделях.

Поєднання квантових обчислень з машинним навчанням дозволяє отримати компактні, адаптивні й масштабовані моделі, які здатні прогнозувати динамічні зміни навантаження або відновлюваної генерації в реальному часі. Це створює передумови для розроблення квантово-асистованих систем управління енергомережами, що працюватимуть на принципах передбачуваності та самоналаштування.

Ключові слова: квантові нейронні мережі, прогнозування електропостачання, енергетичні системи, QNN, VQC, SFQ, PFQ.

Шматко Олександр Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень, Технічний Університет "Метінвест Політехніка", Південне шосе, 80, м. Запоріжжя, Україна, 69008
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2426-900X>

Шевченко Владислав Сергійович, аспірант, кафедра програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5507-5293>

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ СТРУМОМ ЗБУДЖЕННЯМ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Василець С. В., Василець К. С., Залужний А. Л.

Враховуючи розвиток відновлюваних джерел енергії у всьому світі, для децентралізації генерації та підвищення стійкості енергосистеми в Україні активно впроваджуються вітрогенератори, сонячні станції, малі гідроелектростанції. За прогнозами, встановлена потужність вітроелектростанцій має досягти 846 ГВт до 2030 року. До складу багатьох таких агрегатів входить асинхронний генератор, що є об'єктом дослідження. До його недоліків відноситься необхідність збудження ємнісним струмом, величина якого має відповідати частоті турбіни та рівню навантаження.

Для вирішення даної проблеми запропоновано використовувати конденсаторний збуджувач автономного асинхронного генератора, що має змінну топологію. Висунено гіпотезу про можливість мінімізації математичного сподівання відносного кроку зміни ємності збуджувача. Для перевірки гіпотези заплановано та проведено повний факторний чисельний експеримент по визначенню впливу на характеристики збуджувача кількості конденсаторів у групі, числа груп і кроку зміни ємності. Модель збуджувача представлена лінійною функцією факторів та їх комбінацій.

У результаті регресійного та дисперсійного аналізу даних моделювання встановлено суттєвість впливу кількості конденсаторів у групі та числа груп на характеристики збуджувача. Збільшення загальної ємності супроводжується підвищенням інтенсивності її зростання. Це пояснюється застосування змішаного з'єднання конденсаторів. Застосування розробленого збуджувача дозволить підвищити якість вихідної напруги асинхронного генератора.

Ключові слова: асинхронний генератор, розосереджена генерація, конденсаторне збудження, мікромережа, вітрогенератор, ємнісний струм

Василець Святослав Володимирович, доктор технічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри, кафедра енергетики, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1299-8026>

Василець Катерина Сергіївна, докторка філософії, доцентка, кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7590-0754>

Залужний Антоній Леонідович, доктор філософії, доцент, кафедра енергетики, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2755-1040>

ІНІЦІЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИКЛАДНОГО ДОСЛІДНИЦЬКОГО ПРОЄКТУ З УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ З УРАХУВАННЯМ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЯГОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Нерубацький В. П.

Враховуючи світові тенденції розвитку енергоощадних транспортних систем, інтелектуальних методів оптимізації енергоспоживання та цифровізації тягових електроприводів, актуальним постає питання поглибленого дослідження параметрів та режимних властивостей сучасних силових установок локомотивів. Об'єктом ініційованого дослідження є електромагнітні, електромеханічні та теплові процеси, що протікають у тягових електродвигунах та силових перетворювачах локомотивів. Однак, використання відомих методик проведення досліджень ускладнюється через невідповідність класичних підходів до аналізу й моделювання реальним умовам функціонування тягових перетворювачів, оскільки традиційні методики базуються на спрощених уявленнях спектральної структури струмів, напруги та навантаження. Сучасні тягові перетворювачі працюють у високочастотних імпульсних режимах, що призводить до значних відхилень від передумов лінійності, покладених в основу традиційних моделей. Це вимагає розроблення нових підходів, які повноцінно враховують комутаційні процеси, нелінійність навантаження та термодинамічну поведінку конструктивних елементів двигуна. Додатковою проблемою є збільшення рівня електромагнітних завад, що впливають на точність контролю та керування, а також на рівень втрат у системі. Крім того, зміни у стратегіях керування та впровадження алгоритмів прогнозного регулювання потребують достовірних моделей взаємодії між перетворювачем і тяговим двигуном, що може бути забезпечено лише при врахуванні багатofакторної природи внутрішніх процесів. Таким чином, існуючі підходи не відповідають вимогам сучасної практики, що й зумовлює необхідність створення нової методичної бази.

Для розв'язання цієї проблеми передбачається застосування удосконаленого комплексу математичних моделей електромеханічної системи «тяговий перетворювач – тяговий електродвигун – колісна пара», який враховує багатовимірні режими функціонування, включно з імпульсними процесами, перехідними режимами та режимами з підвищеними гармонічними складовими. Проте для достовірної оцінки енергоефективності та забезпечення стійкої роботи електропривода недостатньо лише моделювання електромагнітних процесів, тому завданням досліджень є також узгодження електромагнітних і теплових характеристик двигуна з реальними алгоритмами керування та профілями навантаження локомотива, що забезпечить коректне визначення резервів зменшення втрат і підвищення коефіцієнта корисної дії силової установки. Авторами наукового проєкту розпочато цикл наукових робіт щодо детального встановлення закономірностей процесу енергетичної взаємодії тягових перетворювачів із електричними машинами у різних експлуатаційних сценаріях. Вивчено спектральні особливості вхідних струмів двигунів за різних рівнів модуляції, частот комутації та параметрів навантаження, що дозволяє визначити ступінь впливу нелінійних компонент на нагрівання обмоток, магнітопровода та підшипникових вузлів. Показано, що врахування реальних динамічних режимів, а також особливостей роботи силової електроніки суттєво змінює картину розподілу втрат і, відповідно, визначає нові шляхи підвищення енергоефективності в умовах інтенсивної експлуатації локомотивів. Отриманий результат свідчить про можливість формування адаптивних стратегій керування тяговими електродвигунами, які враховують не лише миттєві параметри напруги і струму, а й прогнозовані зміни навантаження в реальному часі. Завдяки цьому досягається оптимальне поєднання електромагнітних, механічних і теплових процесів, що забезпечує мінімізацію втрат у всіх ланках привода, підвищення ресурсу компонентів та покращення загальної енергоефективності локомотивної силової установки.

Запропонований напрям має прикладне значення для проєктування нових і модернізації існуючих тягових засобів транспорту, оскільки дозволяє створювати цифрові двійники тягових електродвигунів і перетворювачів, виконувати багатofакторну оптимізацію параметрів системи, а також синтезувати високоточні алгоритми керування з урахуванням обмежень за нагрівом, струмами та швидкістю. У перспективі такі наукові розробки можуть стати основою для впровадження енергоощадних технологій на залізничному транспорті, підвищення надійності та безпеки експлуатації, а також зниження експлуатаційних витрат і вуглецевого сліду галузі.

Ключові слова: енергоефективність, тяговий двигун, локомотив, тяговий перетворювач, силова установка, керування, втрати.

Нерубацький Володимир Павлович, кандидат технічних наук, доцент, доцент, кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Український державний університет залізничного транспорту, майдан Оборонний Вал, 7, м. Харків, Україна, 61050
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4309-601X>

OPTIMIZATION OF INDUCTION MOTOR PARAMETERS

Zharkymbekova Makpal, Sakitzhanov Markhabat

The subject of this study is a squirrel-cage induction motor used in industrial electric drive systems for various applications. This type of motor boasts high operational reliability, ease of maintenance, and relative efficiency. However, its energy and dynamic characteristics are largely determined by the parameters of the equivalent circuit, the magnetic circuit configuration, the properties of the windings, and the loss levels in the design. In today's increasingly stringent energy efficiency requirements for industrial equipment, as well as the expanding use of variable-speed electric drives, the need for comprehensive optimization of the asynchronous machine's parameters is increasing, as it enables significant improvements in control quality, reduced energy costs, and increased equipment service life.

The study utilized a comprehensive optimization method combining analytical modeling of the asynchronous motor's electrical parameters, numerical experiments, and finite element magnetic calculations. The analytical stage examined the relationships between the active and reactive resistances of the windings, the magnitude of no-load losses, the power factor, and the slip level. The dependence of stator and rotor copper losses, as well as the influence of magnetizing branch parameters on the overall energy balance of the machine, were examined. The use of finite elements allowed us to refine the distribution of magnetic induction, eddy current density, and localized iron losses for various magnetic circuit and air gap geometries. A multi-criteria optimization function was then applied, including criteria for maximizing efficiency, minimizing losses, and ensuring the required dynamic performance. An iterative search of design options allowed us to determine the dependence of motor efficiency on parameters such as magnetizing reactance, winding resistance, stator lamination thickness, and slot shape.

The optimization demonstrated that changing the parameters of the asynchronous motor allows for significant improvements in performance without significant changes to the design. Efficiency was found to increase by 2.4–3% in nominal mode by adjusting magnetizing reactance and reducing iron losses. No-load losses were reduced by 12–18% by optimizing the magnetic core lamination thickness and reducing magnetic saturation in the stator tooth zone. Additional adjustments to the winding resistance resulted in an average reduction in copper losses of 5–7%, improving the motor's thermal balance. In dynamic modes, a 6–9% increase in starting torque was observed, while the starting current remained within acceptable limits, confirming the motor's increased resistance to load overloads. Optimization of the stator slot geometry reduced electromagnetic torque pulsation by 20–25%, reducing vibration loads and improving the motor's acoustic performance.

Author's interpretation of the results.

The obtained results indicate that improved energy efficiency of an asynchronous motor is achieved primarily through the comprehensive coordination of its electrical and design parameters. The increased efficiency is due to the redistribution of magnetic fluxes and a reduction in the proportion of reactive current, which reduces overall losses and lowers heating. Optimization of the magnetic circuit reduces iron losses by reducing magnetic flux pulsations and improving the operating conditions of the core in partial saturation mode. Adjusting the winding resistances reduces thermal loads and increases the durability of the insulation, which is especially important when the motor is used in a variable-frequency drive. Improved dynamic performance is due to reduced magnetic flux leakage and optimal current distribution in the stator slots. Thus, the expected effect is achieved through a comprehensive, interconnected optimization of the electrical, structural, and magnetic parameters of the machine, enabling the development of highly efficient asynchronous motors designed for intensive use in modern industrial environments.

Keywords: asynchronous motor, parameter optimization, efficiency, electromagnetic losses, modeling, variable-frequency drive, magnetic circuit, thermal conditions.

Zharkymbekova Makpal, Master of Physics Sciences, PhD-Candidate, Department of Electrical Power Engineering, Non-profit Joint Stock Company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Baytursynuly str., 126/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050013

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2285-8716>

Sakitzhanov Markhabat, Master of Technical Sciences, PhD-student, Department of Electrical Power Engineering, Non-profit Joint Stock Company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev", Baytursynuly str., 126/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050013

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-8938>



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

33

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ МАЛОПОМІТНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Шевченко Ю. А., Хижняк І. А., Сердюк О. В.

34

РОЗРОБКА ПОЛІМОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Шишацький А. В., Журавський Ю. В., Сова О. Я.

35

РОЗРОБКА МЕТОДУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ

Жук П. В., Мельник Я. В., Величко В. П.

36

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Мягих Г. Г., Ляшенко Г. Т., Гончарук Д. І.

37

МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНОЇ МІГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Євланов М. В., Шутько В. В.

38

ВИЯВЛЕННЯ ГОЛОСОВОГО ФЕЙКУ: СУЧАСНІ ТЕХНІКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

Виноградов І. В.

39

ПОСТКВАНТОВІ КРИПТО-КODOVІ КОНСТРУКЦІЇ РАО-НАМА

Євсєєв С. П., Дунаєв С. В.

40

БАГАТОКОНТУРНІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Євсєєв С. П., Король О. Г.

41

ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМАХ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ОБОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Рубан І. В., Ткачов В. М., Заліван О. В.

42

КАТЕГОРНО-ФУНКТОРНА МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИМОГ З МЕТОЮ ВИБОРУ ІНФРАСТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ

Цвіркун О. А., Євланов М. В.



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

43

ЗАДАЧА ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ПРОЦЕСІ АНКЕТУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ ІТ-ПРОДУКТУ

Євланов М. В., Васильцова Н. В., Панфьорова І. Ю.

44

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У ПРОЄКТАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»)

Клюванський Є. Г.

45

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ

Бідюк П. І., Тимошук О. Л.

46

IoT INTEGRATION MODELS INTO HUMAN CAPITAL MANAGEMENT SYSTEMS: CHALLENGES AND PROSPECTS

Chezhimbaeva Katipa, Domalatov Yerzhan

47

FUZZY MODELLING APPROACH FOR PREDICTING EMERGENCY RISKS IN SMART CITIES

Gasimov Huseyn

48

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ ВЕБДОДАТКУ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Жинжиков Д. Д., Чепурна І. С.

49

РОЗРОБЛЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ ЗАПИСІВ (EER SYSTEM) НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Шматко О. В., Кириченко О. В.

50

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВЕКТОРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Кудряшова А. В., Оліярник Т. І.

51

МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Худов Г. В., Токарев С. О.

52

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ КОНСЕНСУСУ ДЛЯ РОЗРОБКИ БЕЗПЕЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Шматко О. В., Жержерунов П. Ю.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ МАЛОПОМІТНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Шевченко Ю. А., Хижняк І. А., Сердюк О. В.

Зважаючи на загальносвітову динаміку розвитку засобів повітряного нападу та досвід відбиття широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України, особливої актуальності набуває вдосконалення методів та інформаційних технологій виявлення малопомітних повітряних об'єктів.

В умовах масового застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) класичні засоби радіолокаційного виявлення демонструють обмежену ефективність через низький рівень відбитого сигналу від малорозмірних цілей, складність виявлення цілей на малих висотах, застосування в одному повітряному ударі різних типів засобів повітряного ураження з різними характеристиками та активне застосування противником радіоелектронних перешкод на лінії бойового зіткнення.

У ході проведених досліджень проаналізовано ефективність існуючих радіолокаційних засобів, пасивних радіолокаційних систем, акустичних комплексів, тепловізійних та багатоспектральних засобів спостереження, а також методів об'єднання інформації від різнорідних сенсорів у єдиному інформаційному просторі. Наявні технічні засоби потребують суттєвого вдосконалення, як у частині елементної бази, так і в частині програмних алгоритмів синтезу інформації для забезпечення своєчасного виявлення малопомітних повітряних об'єктів.

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності систем протиповітряної оборони є розвиток мережевих методів виявлення та визначення координат малопомітних повітряних об'єктів, що базуються на інтеграції даних від різнорідних сенсорів. Така мережа датчиків дозволяє фіксувати слабкий корисний сигнал від БпЛА, компенсуючи недоліки окремих засобів спостереження та забезпечуючи більш високу ймовірність стійкого виявлення та визначення координат.

Перспективним вирішенням визначеної проблеми є оптимальне налаштування просторової конфігурації мережі датчиків та удосконалення існуючих алгоритмів обробки сигналів, що дозволять підвищити інформативність слабких сигналів, які генерують малопомітні цілі. Зокрема, заслуговує на особливу увагу інформаційна технологія виявлення та визначення координат малопомітних повітряних об'єктів мережею SDR-приймачів.

Отримані результати свідчать про необхідність подальших досліджень у напрямі розвитку багатосенсорних систем спостереження, підвищення чутливості сенсорів та їх швидкодії, вдосконаленні алгоритмів обробки даних та створенні нових (удосконаленні існуючих) інформаційних технологій, здатних забезпечити надійне виявлення та точне визначення координат малопомітних повітряних об'єктів у складних умовах сучасних бойових дій.

Ключові слова: інформаційні технології, методи визначення координат, малопомітні повітряні об'єкти.

Шевченко Юрій Андрійович, старший науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6572-5390>

Хижняк Ірина Анатоліївна, доктор технічних наук, начальник науково-методичного відділу, Науково-методичний відділ забезпечення якості освітньої діяльності та вищої освіти, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-7631>

Сердюк Олексій Володимирович, викладач, кафедра тактики радіотехнічних військ, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3600-0611>

РОЗРОБКА ПОЛІМОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Шишацький А. В., Журавський Ю. В., Сова О. Я.

Об'єктом дослідження є інформаційні системи. Предметом дослідження є процес функціонування інформаційних систем за допомогою аналітико-імітаційних, логіко-динамічних моделей. Проведено розробку полімодельного комплексу управління ресурсами інформаційних систем. Оригінальність дослідження полягає:

у комплексному описі процесу функціонування інформаційних систем різних типів. Зазначене дозволяє підвищити точність моделювання інформаційних систем для послідовних управлінських рішень;

описі як статичних так і динамічних процесів, які відбуваються в інформаційних системах;

здатністю провести моделювання як окремо взятого процесу, що відбувається в інформаційній системі, так і комплексно проводити моделювання тих процесів, що в них відбуваються;

динамічним описом процесу управління рухом інформаційних систем під час функціонування інформаційних систем, чим досягається можливість провести прогнозування руху інформаційної системи на N кроків вперед;

описом процесу управління операціями, під час проведення розрахункових завдань в процесі функціонування інформаційних систем, чим досягається можливість до планування раціонального навантаження на апаратну частину інформаційних систем;

провести моделювання динаміки управління ресурсами інформаційної системи в ході функціонування інформаційних систем, чим досягається здійснювати прогнозування залучення ресурсів інформаційних систем в ході їх функціонування.

Запропонований полімодельний комплекс доцільно використовувати для вирішення завдання управління інформаційними системами, що характеризуються високим ступенем складності.

Ключові слова: інформаційні системи, дестабілізуючі фактори, рівні функціонування, комплексне моделювання, оперативність, достовірність.

Шишацький Андрій Володимирович, доктор технічних наук, старший дослідник, професор, кафедра комп'ютерних наук і інформаційних систем, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Журавський Юрій Володимирович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях, Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-9732>

Сова Олег Ярославович, доктор технічних наук, професор, начальник центру, Центр імітаційного моделювання, Національний університет оборони України, пр. Повітряних Сил, 28, м. Київ, Україна, 03049

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7200-8955>

РОЗРОБКА МЕТОДУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ

Жук П. В., Мельник Я. В., Величко В. П.

Багатокритеріальна оцінка має беззаперечні переваги перед однокритеріальними методами оцінки. Об'єктом дослідження є ієрархічні системи. Предметом дослідження є процес багатокритеріального оцінювання стану ієрархічних систем. Запропоновано метод багатокритеріальної оцінки ієрархічних систем. Оригінальність методу полягає у використанні додаткових удосконалених процедур, які дозволяють:

здійснювати верифікацію введених даних та уточнення зв'язків між елементами ієрархічної системи за допомогою удосконаленого алгоритму зграї пінгвінів. Зазначене дозволяє мінімізувати похибку введення не коректних даних для роботи про стан оперативного угруповання військ (сил);

описати зовнішні та внутрішні фактори які впливають на ієрархічну систему, що підлягає багатокритеріальному оцінюванню за допомогою нечітких когнітивних моделей;

провести адаптацію під тип ієрархічної системи за рахунок багаторівневої адаптації системи показників та критеріїв оцінювання;

знижити невизначеність за допомогою інтервальної піфагорійської нечіткої множини, чим досягається підвищення достовірності багатокритеріального оцінювання стану ієрархічних систем;

визначити найбільш вразливі елементи ієрархічної системи за допомогою дерева відмов;

адаптувати вид функції належності в залежності від наявних обчислювальних ресурсів системи, чим забезпечується адаптація під наявні обчислювальні ресурси.

Проведений приклад використання запропонованого методу на прикладі багатокритеріальної оцінки оперативному угрупованні військ (сил), який запропонований метод забезпечує підвищення точності та оперативності в середньому на 35 %, при забезпеченні високої збіжності отриманих результатів на рівні 93.17%.

Ключові слова: *багатокритеріальна оцінка, дерево вразливостей, алгоритм зграї пінгвінів, дестабілізуючі фактори, угруповання військ (сил).*

Жук Павло Васильович, кандидат технічних наук, доцент, начальник інституту, Інститут професійної військової освіти «Вишкіл лідерів», Національний університет оборони України, пр. Повітряних Сил, 28, м. Київ, Україна, 03049

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9628-8074>

Мельник Ярослав Вячеславович, заступник начальника центру, Центр імітаційного моделювання Національний університет оборони України, пр. Повітряних Сил, 28, м. Київ, Україна, 03049

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2919-9119>

Величко Віра Петрівна, сарший викладач, кафедра лідерства, Інститут професійної військової освіти «Вишкіл лідерів», Національний університет оборони України, пр. Повітряних Сил, 28, м. Київ, Україна, 03049

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9654-4560>

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Мягких Г. Г., Ляшенко Г. Т., Гончарук Д. І.

Об'єктом дослідження є системи підтримки прийняття рішень. Предметом дослідження є процес оцінювання параметрів систем підтримки прийняття рішень. Оригінальність методу полягає у використанні додаткових удосконалених процедур, які дозволяють:

- провести верифікацію топології та параметрів систем підтримки прийняття рішень з врахуванням ступеню невизначеності вихідних даних про інформацію, яка відома про її за рахунок використання удосконаленого алгоритму зграї пінгвінів. Зазначене дозволяє скоротити час на початкове налаштування методики оцінювання при її первинному налаштуванні;*
- провести первинний відбір особин для налаштування штучної нейронної мережі, що еволюціонує здійснюється з використанням удосконаленого генетичного алгоритму, чим зменшується час пошуку рішення та підвищується достовірність отриманих рішень;*
- дослідити простори рішення проблеми оцінки параметрів системи підтримки прийняття рішень, що описуються нетиповими функціями, за рахунок використання удосконаленого алгоритму зграї пінгвінів;*
- налаштувати ваги штучної нейронної мережі, що еволюціонує, чим досягається підвищення точності оцінювання параметрів систем підтримки прийняття рішень;*
- задіяти додаткові механізми корегування параметрів штучної нейронної мережі, що еволюціонує за рахунок використання процедури зміни функції належності;*
- підвищити достовірність оцінки параметрів системи підтримки прийняття рішень за рахунок паралельної оцінки декількома методами оцінювання ;*
- використовувати гібридну оцінку параметрів системи підтримки прийняття рішень, чим досягається можливість коректної роботи при відсутності умов стаціонарності, однорідності, нормальності, незалежності.*

Проведений приклад використання запропонованої методики на прикладі оцінки параметрів систем підтримки прийняття рішень, який показав підвищення достовірності оцінки параметрів систем підтримки прийняття рішень на рівні 17–21% за рахунок використання додаткових процедур при збереженні заданого рівня оперативності.

Ключові слова: штучні нейронні мережі, удосконалений генетичний алгоритм, дестабілізуючі фактори, метаверистичний алгоритм.

Гончарук Дмитро Ігорович, Начальник науково-дослідної лабораторії проблем управління проектами інформатизації, Центр воєнно-стратегічних досліджень Національний університет оборони України пр-т Повітряних сил, 28, м. Київ, Україна, 03049
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3664-3636>

Ляшенко Ганна Тарасівна, Старший науковий співробітник, Науковий центр, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, вул. Князів Острозьких, 45/1, м. Київ, Україна, 01011
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5318-8663>

Мягких Геннадій Геннадійович, ад'юнкт, Інститут інформаційно-комунікаційних технологій та кібероборони, Національний університет оборони України, пр.-т Повітряних Сил, 28, м. Київ, Україна, 03049
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4491-5395>

МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНОЇ МІГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Євланов М. В., Шутько В. В.

Об'єктом дослідження є інформаційна система підприємства (ІС) в контексті планування та обґрунтування хмарної міграції, коли ключовою вимогою бізнесу є отримання прогнозованого ефекту за мінімальних витрат і ризиків. Визначення хмарної міграції, в даному контексті, потребує уточнення, адже вона являє собою не лише технічне перенесення компонентів до інфраструктури обраного хмарного провайдера, але й зміну операційної моделі, структури витрат і профілю експлуатаційних показників, які мають бути виміряні та інтерпретовані в термінах бізнес-цінності. Практичні підходи до оцінювання міграції вказують на важливість кількісних метрик для фіксації результатів і керування наступною оптимізацією, зокрема в частині продуктивності та витрат.

Опис підходу ґрунтується на ідеї моделювати ІС через її ключові показники ефективності як компактний, керований опис стану, придатний для «програвання» альтернативних стратегій хмарної міграції до фактичного втручання у середовище. На відміну від детального архітектурного моделювання на рівні компонентів, запропонований підхід фокусується на параметризації ІС за допомогою ключових показників ефективності (KPI), де кожен показник є вимірюваним і пов'язаним із цілями бізнесу.

Отриманим результатом є KPI-орієнтована модель ІС, придатна для попереднього тестування стратегій хмарної міграції і вибору найкращої альтернативи за обраними критеріями заданого рівня. Така результат відповідає загальній ідеї, що у хмарному середовищі систематично існує компроміс між економічними витратами та затримками/якістю, і його доцільно формалізувати як спосіб вирішення задачі оптимізації ресурсів ІС у хмарі. Якій результат полягає у зменшенні вартості прийняття рішення про стратегію міграції за рахунок перенесення основних порівнянь із реального середовища в модельний простір. Це прямо відповідає практиці використання передміграційних фреймворків оцінювання, де оцінюються вартість, зусилля та економічний ефект (ROI) ще до виконання міграційних робіт, але в запропонованій інтерпретації акцент переноситься на KPI як універсальну мову між технічними та бізнес-стейкхолдерами і на можливість багатоваріантного «програвання» стратегій з мінімальними витратами.

Інтерпретація отриманого результату зводиться до того, що KPI-орієнтована модель виступає показовим та прогнозним інструментом, який зменшує витрати на планування міграції та робить порівняння стратегій відтворюваним. Ефект очікується за рахунок таких механізмів: формалізації «ціни помилки» (якщо стратегія обрана невдало, це буде показано кількісно, а не якісно), уніфікації мови узгодження (KPI переводять дискусію про технічні альтернативи в площину вимірюваних показників, що підвищує прозорість для бізнесу і спрощує ранжування варіантів) та спроможність масштабувати консультативний підхід на портфель проєктів (замість індивідуального «ручного» аналізу кожної ІС використовується однакова процедура оцінювання і вибору, сумісна з методами підтримки прийняття рішень та підходами до економічної оптимізації в хмарі, включно з аналітичними або предиктивними механізмами зниження витрат).

Ключові слова: економічний ефект, інформаційна система, ключові показники ефективності, модель, хмарна міграція

Євланов Максим Вікторович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

Шутько Віктор Валерійович, аспірант, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0527-4401>

ВИЯВЛЕННЯ ГОЛОСОВОГО ФЕЙКУ: СУЧАСНІ ТЕХНІКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

Виноградов І. В.

Постійний стрімкий розвиток технологій синтезу мовлення (TTS) та перетворення голосу (VC) призвів до появи високоякісних підробок, які становлять значну загрозу для систем біометричної аутентифікації та інформаційної безпеки. Актуальність теми зумовлена необхідністю розробки надійних методів виявлення фальсифікацій (голосового спуфінгу), особливо в контексті української мови. Існуючі міжнародні набори даних та алгоритми (зокрема, ASVspoof, ADD Challenge) переважно орієнтовані на англійську та китайську мови, що створює прогалину для української мови, яка має унікальні фонетичні та морфологічні особливості.

Мета роботи полягає в аналізі сучасних підходів до детекції підроблених голосів, оцінці їхньої ефективності для української мови та визначенні оптимальної стратегії: інтеграція українських ресурсів у міжнародні стандарти чи створення спеціалізованого україномовного набору даних.

Завданнями дослідження є вивчення існуючих наборів даних та їхньої відповідності українській мові, оцінка ефективності систем виявлення підроблених голосів (анти-спуфінг систем) за допомогою метрик Equal Error Rate (EER), Weighted EER (WEER) та Detection Success Rate (DSR), а також визначення оптимального підходу для підвищення точності детекції україномовних фальсифікацій.

Методи дослідження включали систематичний аналіз, порівняння наборів даних та оцінку ефективності сучасних систем синтезу мовлення (ElevenLabs, Assembly AI, Tacotron) як загрозливих джерел фальсифікацій.

Результати свідчать, що адаптація алгоритмів виявлення фальшивих голосів до унікальних фонетичних ознак, різноманітних акцентів і морфологічної складності української мови підвищує точність та надійність їхньої роботи. Цілеспрямоване залучення різних регіональних діалектів і мовленнєвих профілів є вирішальним чинником для збереження високих значень показника Detection Success Rate (DSR). Передові нейронні вокодеери, які відтворюють тонкі просодичні й темброві нюанси, потребують спеціалізованих контрзаходів, здатних розпізнавати ледь помітні синтетичні артефакти.

Висновки підтверджують, що інтеграція українських мовних даних у міжнародні набори або створення окремого спеціалізованого ресурсу суттєво покращує якість детекції. Для підтримання надійної ефективності за умови появи нових загроз спуфінгу необхідне багатоетапне вдосконалення наборів даних, періодичні оновлення алгоритмів і міжмовний бенчмаркінг.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у проведенні першого системного аналізу методів виявлення підроблених голосів для української мови, визначенні ключових факторів, що впливають на ефективність розпізнавання голосових фальсифікацій, та розробленні рекомендацій щодо покращення структури наборів даних та адаптації алгоритмів для українського мовлення.

Ключові слова: *об'єкти виявлення підроблених голосів, синтез мовлення, перетворення голосу, українська мова, ASVspoof, набори даних, оцінювальні метрики, EER, WEER, DSR.*

Виноградов Іван Володимирович, аспірант, кафедра кібербезпеки та захисту інформації, Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, Україна, 65023
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9901-7811>

ПОСТКВАНТОВІ КРИПТО-КОДОВІ КОНСТРУКЦІЇ РАО-НАМА

Євсєєв С. П., Дунаєв С. В.

Метою даного дослідження є розробка крипто-кодової конструкції Рао-Нама на ЕС (модифіковані еліптичні коди – МЕС) та збиткових кодах. Розроблені конструкції забезпечать практичну можливість їх використання на об'єктах критичної інфраструктури на основі смарт- та мобільних технологій

Об'єктом дослідження є процес забезпечення захисту передачі даних в каналах зв'язку об'єктів критичної інфраструктури на основі мобільних та смарт-технологій. Розвиток технологій квантових обчислень на основі алгоритмів Гровера та Шора забезпечують практичний злам симетричних та несиметричних крипто-систем за поліноміальний час. Поява систем на основі штучного інтелекту дозволяють створювати гібридні системи виявлення слабких місць (критичних точок) у системах безпеки не тільки об'єктів критичної інфраструктури. Крім цього повномасштабний квантовий комп'ютер відкриє нову еру впровадження алгоритмів постквантової криптографії.

Серед переможців постквантових алгоритмів окремо виділені крипто-кодові конструкції (ККК) Мак-Еліса та Нідерайтера, які дозволяють інтегровано забезпечити необхідний рівень захисту та інтегровано забезпечити необхідний рівень вірогідності передачі інформації. Але суттєвим недоліком є можливість зламу таких систем на лінійних кодах, а також необхідність їх побудови на полем Галуа $2^{10}-2^{13}$, що суттєво зменшує їх використання в низкоємних системах на основі смарт- та мобільних технологій. Для розв'язання цього недоліку у роботі пропонується використання симетричної ККК на основі схеми Рао-Нама на алгеброгеометричних та збиткових кодах, що забезпечує можливість забезпечити значного зменшення об'єму ключових даних (побудова ККК над полем на Галуа 2^4-2^6). При використанні ККК Рао-Нама формується квантовий симетричний алгоритм, який забезпечує зберігання рівня стійкості та вірогідності передачі інформації (безпечний час $10^{25}-10^{35}$). Запропонований алгоритм подальшого зменшення ключових даних на основі багатоканальної криптографії на збиткових кодах. За рахунок використання алгоритму MV2 (нанесення збитку) формування криптограми поділяється на два механізми – формування криптограми у симетричній криптосистемі Рао-Нама на скорочених еліптичних кодах з подальшим нанесенням збитку.

Проведені дослідження стійкості за допомогою пакету НІСТ продемонструвала, що не зважаючи на зменшення потужності поля Галуа всі криптосистеми пройшли 100 % тестів. Найкращий результат показала ККК Рао-Нама на скорочених МЕС: 155 з 189 тестів пройдено на рівні 0,99, що становить 82% від усієї кількості тестів. Використання збиткових кодів і подальше зменшення потужності поля Галуа призводить до значного зменшення складності формування ($\approx$ в 12 разів) і розкодування криптограми ($\approx$ в 20 разів). Такий підхід забезпечує можливість формування інтелектуальних систем захисту інформації (ІСЗІ). Наведена структурна схема побудови ІСЗІ забезпечує своєчасне виявлення загроз з оцінкою обчислювальних та фінансово-людських можливостей нападників, а також використання необхідних ККК/алгебраїчних (збиткових) кодів для забезпечення необхідного рівня безпеки.

Ключові слова: крипто-кодові конструкції Рао-Нама, алгебраїчні коди, інтелектуальні системи захисту.

Євсєєв Сергій Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра кібербезпеки, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, вул. Кірипичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1647-6444>

Дунаєв Сергій Владиславович, аспірант, кафедра кібербезпеки, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, вул. Кірипичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8736-3602>

БАГАТОКОНТУРНІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Євсєєв С. П., Король О. Г.

Постійно кількість загроз безпеці об'єктів критичної інфраструктури, до яких належать і соціокіберфізичні системи призводить до зниження якості послуг безпеки та рівня захищеності елементів інфраструктури. Об'єктом дослідження є процес побудови комплексної системи захисту в соціокіберфізичних системах. Ситуація, що склалася, не в останню чергу обумовлена недосконалістю застосовуваних сьогодні механізмів забезпечення безпеки елементів об'єктів критичної інфраструктури, до яких належать і соціокіберфізичні системи. Технологічна складність виявлення нових невідомих загроз безпеці, а також витонченість у методах їх реалізації зумовлює нагальну необхідність кардинального перегляду чинних підходів до її забезпечення. Отже, ставати зрозуміло, що розробка нового підходу до забезпечення безпеки інформаційних ресурсів у соціокіберфізичних системах. У статті запропоновано новий підхід методологічних засад побудови багатоконтурних систем захисту інформації із внутрішнім та зовнішнім контурами на кожній із платформ соціокіберфізичних систем. Такий підхід формується на універсальному класифікаторі загроз, який враховує не технічний аспект загроз, а і їх комплексування з методами соціальної інженерії, їхньої синергії гібридності. Враховується соціополітичний вплив на реалізацію загроз, а також запропоновано практичні механізми забезпечення основних послуг безпеки на основі постквантових алгоритмів. У рамках запропонованого підходу у загальному вигляді формалізовано проблему підвищення рівня захищеності інформації та визначено подальші шляхи її вирішення.

Проведений аналіз загроз на соціокіберфізичні системи (об'єкти критичної інфраструктури) дає змогу сформулювати методологічні засади побудови багатоконтурних систем захисту інформації. Одним з основних елементів таких систем пропонується використовувати постквантові алгоритми – крипто-кодові конструкції на різних заводових кодах з можливістю завдання шкоди. Пропоновані крипто-кодові конструкції Мак-Еліса на LDPC-кодах забезпечують оперативність та стійкість, забезпечують необхідний рівень основних послуг безпеки.

Запропонована методологія побудови багатоконтурних систем захисту забезпечує можливість отримання об'єктивної оцінки поточного стану захищеності в соціокіберфізичних системах. Пропонований програмний комплекс оцінки дозволяє отримати інтегрований показник безпеки, виявити критичні точки вразливості та “можливість” зловмисника отримати доступ до конфіденційної інформації. А запропоновані механізми та протоколи на основі постквантових алгоритмів забезпечать необхідний рівень стійкості та оперативності у період появи повномасштабного квантового комп'ютера.

Ключові слова: соціокіберфізична система, безпека інформації, інформаційна безпека, кібербезпека, емерджентність..

Ключові слова: об'єкти критичної інфраструктури, безпека інформації, інформаційна безпека, кібербезпека, емерджентність.

Євсєєв Сергій Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра кібербезпеки, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, вул. Кіричова, 2, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1647-6444>

Король Ольга Григорівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібербезпеки, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, вул. Кіричова, 2, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8733-9984>

ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМАХ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ОБОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Рубан І. В., Ткачов В. М., Заліван О. В.

В умовах повномасштабного вторгнення РФ в Україну оборонні IT-технології дедалі більше спираються на інформаційні системи (ІС) на мобільних платформах (БПЛА, розподілені сенсорні мережі тощо). Такі ІС працюють за постійної зміни топології, підвищених загроз і жорстких обмежень енергетичних та обчислювальних ресурсів. Тому ключовою стає їх здатність зберігати роботоздатність і прийнятний рівень якості сервісів протягом усього циклу місії. Ця здатність називається живучістю ІС.

Оцінка та забезпечення живучості потребують узгодженого розгляду кількох рівнів: ресурсного (розподіл обчислювальних, енергетичних і комунікаційних ресурсів із резервуванням), мережного/сервісного (динамічні тактичні мережі з можливими фрагментаціями та каскадними відмовами), рівня управління місією (області станів із прийнятною якістю інформаційного забезпечення). Методологічну основу становлять системний підхід, багаторівневе моделювання та ризик-орієнтоване планування. Живучість доцільно трактувати як інтегральну характеристику, що поєднує доступність сервісів, своєчасність оброблення даних, енергетичну ефективність і стійкість до технічних та кібернетичних впливів, із використанням спеціалізованих індексів для порівняння архітектур і політик керування.

Концептуальний аналіз показує, що основні ризики зниження живучості зумовлені поєднанням ресурсної обмеженості з комплексними загрозами та корельованими відмовами у динамічних мережних сегментах. Локальні збої чи короткі розриви зв'язку можуть спричиняти непропорційні наслідки, особливо за одночасного впливу кібератак, дії засобів радіоелектронної боротьби, деградації сенсорів і фізичних пошкоджень мобільної платформи. Виокремлення критичного мінімуму функцій і ресурсів дає змогу формалізувати «ядро живучості», розробити адаптивні політики деградації сервісів і пріоритизації трафіку та перейти до сценарного перерозподілу ресурсів з урахуванням рівня загроз, енергетичного запасу ходу мобільної платформи та пріоритетів місії ІС. Перспективним є впровадження вимог живучості в проєктування, моделювання та випробування оборонних ІС на мобільних платформах для зниження ризику каскадних відмов і підвищення стійкості до комбінованих деструктивних впливів.

Ключові слова: інформаційна система, мобільна платформа, живучість, оборонні технології, тактичні мережі, стійкість функціонування.

Рубан Ігор Вікторович, доктор технічних наук, професор, кафедра електронних обчислювальних машин, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4738-3286>

Ткачов Віталій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електронних обчислювальних машин, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-9937>

Заліван Олександр Володимирович, старший викладач, кафедра проєктування та експлуатації електронних апаратів, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6125-5141>

КАТЕГОРНО-ФУНКТОРНА МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВИМОГ З МЕТОЮ ВИБОРУ ІНФРАСТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ

Цвіркун О. А., Євланов М. В.

Об'єктом дослідження є процес перетворення описів інформаційної системи (ІС) до системних вимог, конфігураційних рішень, реалізації та перевірки. Предметом дослідження є підмножина вимог до технічного забезпечення (інфраструктури) середовища експлуатації та механізм її формального трасування до станів реалізації компонентів. Запропоновано формальну модель, у якій наскрізне трасування задається композицією відображень між множинами вимог, профілів, компонентів і станів:

$$R_{fun} \subseteq R_{sys}, R_{nfun} \subseteq R_{sys}, R_{inf} \subseteq R_{sys},$$

де R_{sys} – множина системних вимог; R_{fun} – підмножина функціональних вимог; R_{nfun} – підмножина нефункціональних вимог; R_{inf} – підмножина вимог до технічного забезпечення (інфраструктури). У моделі вимоги спочатку уточнюються з рівня потреб заінтересованих сторін до системного рівня, потім проєктуються на вимоги до технічного забезпечення, після чого синтезуються конфігураційні профілі та здійснюється вибір компонентів.

$$U: R_{stk} \rightarrow R_{sys}, V: R_{sys} \rightarrow R_{inf}, F: R_{inf} \rightarrow K, P: K \rightarrow C, G: C \rightarrow S, \\ H = G \circ P \circ F \circ V \circ U: R_{stk} \rightarrow S,$$

де U – відображення уточнення та технічної інтерпретації вимог; V – відображення проєкції системних вимог на вимоги до інфраструктури.; F – відображення синтезу профілів із вимог до інфраструктури; K – категорія конфігураційних профілів; P – відображення вибору класів компонентів і їх зв'язків за профілями; C – категорія інфраструктурних компонентів; G – відображення компонентів у стани реалізації; S – множина категорія спостережуваних станів реалізації; H – композиція відображень, що задає наскрізне трасування «вимоги $\rightarrow$ стани». Запропоновано критерій відповідності за порівнянням цільових і фактичних станів та дві моделі перевірки – диференційну та предикатну відповідно:

$$\Delta S = S_{act} - S^*,$$

де ΔS – множина/міра невідповідностей; S_{act} – фактичні (спостережувані) стани реалізації; S^* – цільові (очікувані) стани, одержані з вимог.

$$Check(S_{act}, S^*) = \bigwedge_i Check(s_{act,i}, s_i^*), \quad s_{act,i} \models s_i^*,$$

де $Check$ – предикат відповідності; $\bigwedge$ – оператор кон'юнкції умов для всіх елементів; $\models$ – оператор відношення задоволення, яке фіксує, що окремий фактичний стан реалізації відповідає заданому цільовому стану.

Вимоги уточнюються за результатами експлуатації аналогічних ІС (інциденти, дефекти конфігурацій, порушення доступу, відхилення продуктивності), тому введено оператор їх адаптації:

$$A: R_{sys} \times E \rightarrow R_{sys}^*,$$

де A – оператор адаптації R_{sys} за даними E , що формує R_{sys}^* через коригування параметрів і політик вимог; E – множина експлуатаційних свідчень (інциденти, аудити, метрики, повторювані дефекти конфігурацій); R_{sys}^* – уточнена множина системних вимог після адаптації за експлуатаційними даними. В результаті розроблено формальну модель перетворення вимог у вибір і параметризацію інфраструктури з трасуванням до станів реалізації та адаптацією за експлуатаційними даними.

Ключові слова: інфраструктура, вимоги до інфраструктури, перетворення вимог, теорія категорій, трасування, адаптація вимог.

Цвіркун Олександр Анатолійович, здобувач вищої освіти третього рівня, асистент, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4380-7003>

Євланов Максим Вікторович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

ЗАДАЧА ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ПРОЦЕСІ АНКЕТУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ ІТ-ПРОДУКТУ

Євланов М. В., Васильцова Н. В., Панфьорова І. Ю.

Об'єктом дослідження є процес визначення потреб та вимог зацікавлених сторін, а саме діяльність цього процесу «Аналіз потреб та вимог зацікавлених сторін».

Головною гіпотезою даного дослідження є гіпотеза про можливість виявлення аномальних вимог та їх джерел до ІТ-продукту та їх джерел за допомогою існуючих найпростіших критеріїв виявлення аномалій.

Для перевірки цієї гіпотези було зроблено припущення про можливість застосування для збирання вимог до ІТ-продукту методу анкетування, який вимагає у кожного з опитуваних стейкхолдерів вказати у відповідях на питання анкети кількісні оцінки за заздалегідь обраною шкалою.

Для виявлення аномальних відповідей користувачів на питання анкети було запропоновано використати один з найпростіших критеріїв – z -показник. Z -показник вимірює, на скільки стандартних відхилень точка даних віддалена від середнього значення. Як правило, екземпляри з z -показником понад 3 вибираються як викиди (наприклад, правило «трьох сигм»).

Z -показник для будь-якої випадкової величини x слід розраховувати за такою формулою:

$$z = (x - \bar{X}) / S_x, \quad (1)$$

де $\bar{X}$ – середнє значення (зокрема, середнє арифметичне значення вибірки відповідей користувачів на питання анкети); S_x – стандартне відхилення, розраховане для вибірки значень відповідей користувачів на питання анкети.

Значення S_x слід розраховувати за формулою:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (2)$$

або

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (3)$$

де n – кількість значень у вибірці відповідей користувачів на питання анкети.

Формула (2) використовується для оцінювання зміщеного відхилення, а формула (3) – для оцінювання незміщеного відхилення.

Модифікований z -показник, на відміну від (1) вважається більш сталим до викидів в похідних даних. Модифікований z -показник z_m слід розраховувати з використанням медіани та медіанного абсолютного відхилення (MAD), що робить його більш стійким до викиду вихідних даних:

$$z_m = \frac{0.67645 * (x - m_x)}{MAD}, \quad (4)$$

де m_x – значення медіани досліджуваної вибірки відповідей користувачів на питання анкети; MAD – медіанне абсолютне відхилення, яке слід розраховувати як значення медіани абсолютних різниць значень вибірки від її медіани.

Якщо значення z -показника для будь-якої випадкової величини x перевищує 3, то вважається, що значення x є аномальним.

Проведені експериментальні дослідження показали, що в процесі пошуку аномалій у результатах анкетування найкраще використовувати звичайні z -оцінки (1) із оцінкою зміщеного відхилення (2). Також слід також звертати увагу на ті відповіді стейкхолдерів, для яких значення z -показника знаходиться у діапазоні [2...3]. Таке значення z -показника свідчить про достатнє відхилення досліджуваної відповіді від найрозповсюдженіших відповідей на конкретне питання анкети.

Ключові слова: вимога, ІТ-продукт, анкета, виявлення аномалій, z -показник.

Євланов Максим Вікторович, доктор технічних наук, професор*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6703-5166>

Васильцова Наталія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4043-487X>

Панфьорова Ірина Юріївна, кандидат технічних наук, доцент *

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7032-9109>

*Кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки. пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У ПРОЄКТАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»)

Клюванський Є. Г.

Процес управління ризиками в проєктах інтелектуальних інформаційних систем є об'єктом проведеного дослідження. Такі системи функціонують у змінному середовищі та характеризуються тісною інтеграцією програмних та апаратних компонентів. Системи класу «Розумний будинок» поєднують засоби збору даних, алгоритми інтелектуальної обробки даних та механізми автоматизованого управління фізичними процесами.

Інтелектуальні інформаційні системи відрізняються складною архітектурою, багатокомпонентною структурою та необхідністю безперервного функціонування. За таких умов ризики мають багатфакторний характер і можуть виникати як унаслідок технічних відмов обладнання, так і через помилки програмного забезпечення, порушення каналів зв'язку або некоректну обробку даних.

Запропоновано використовувати підхід для оцінювання ризиків, що базується на поєднанні методів системного аналізу, математичного моделювання та інтелектуального аналізу даних. На першому етапі здійснюється декомпозиція системи «Розумний будинок» на підсистеми та функціональні компоненти з метою ідентифікації потенційних джерел ризиків і встановлення взаємозв'язків між ними.

Для формалізації ризиків використовується класичне визначення інтегрального показника ризику:

$$R = P \cdot I,$$

де P – імовірність настання ризикової події; I – величина її впливу на функціонування системи або досягнення проєктних цілей.

Враховуючи багатокомпонентну структуру інтелектуальної системи загальний рівень ризику може бути представлений у вигляді суми часткових ризиків окремих компонентів:

$$R_{\text{sys}} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot I_i,$$

де n – кількість компонентів системи; P_i, I_i – відповідно ймовірність та вплив ризику для i -го компонента.

Для врахування динаміки функціонування системи ризик розглядається як функція часу:

$$R(t) = f(P(t), I(t)),$$

що дозволяє оцінювати зміну рівня ризику залежно від режимів роботи системи.

Для уточнення оцінок параметрів P та I пропонується застосування методів регресійного аналізу та кластеризації. Ці методи дозволяють враховувати історичні експлуатаційні дані та виявляти аномальні режими роботи.

У результаті дослідження сформовано узагальнену модель оцінювання ризиків у проєктах інтелектуальних інформаційних систем, яка враховує структурні особливості системи «Розумний будинок» та взаємозалежність її компонентів. Запропонований підхід забезпечує можливість ранжування ризиків за рівнем критичності та їх прогнозування на основі аналізу експлуатаційних даних.

Запропоновані моделі й методи створюють передумови для переходу від реактивного управління ризиками до прогностичного. Поєднання класичних підходів до оцінювання ризиків із інструментами аналізу даних сприяє зменшенню ймовірності каскадних відмов і підвищенню надійності та безпеки функціонування систем «Розумний будинок», а також може бути використано в інших інтелектуальних та IoT-орієнтованих системах.

Ключові слова: інтелектуальна інформаційна система, оцінювання ризиків, управління ризиками, розумний будинок, математичне моделювання, аналіз даних.

Клюванський Євген Геннадійович, аспірант, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5670-3150>

DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE PROBLEMS OF FINANCIAL RISKS ANALYSIS

Bidyuk Petro, Tymoshchuk Oxana

Analysis of financial risks is in the focus of attention for many researchers in the world. Among the most often met types of financial risks are the following: market, credit, operational etc. The risks analysis includes at least identification of financial process types, appropriate data processing and necessary model constructing and verification, estimation of risk, i.e. possible loss and its probability, forecasting future loss. The most often met types of processes in analysis of financial processes are non-stationary and non-linear. The reasons for non-stationary behavior are as follows: availability of deterministic or stochastic trend (integrated processes); and variance may change in time (heteroscedastic processes). Non-linear behavior can be induced by observed nonlinear components in variables or parameters. The models of such processes can be multidimensional, sophisticated and contain deterministic and stochastic components. It means that modeling of the processes can require substantial efforts and time.

To analyze financial process and estimate financial risks it is recommendable to construct specialized intellectual decision support systems (IDSS) that already found wide applications in many areas. IDSS designed on the principles of system analysis is very convenient instrument for researchers, engineers and students; such systems provide substantial help in modeling, forecasting and decision making. Among substantial advantages of IDSS are the following:

- correctly organized functioning of IDSS provides a user with recommendations regarding selection of data preprocessing methods, especially the methods for fighting statistical uncertainties often available in collected data (external disturbances, missing measurements etc.);*
- statistical uncertainties of data are practically always available, and the means to fight them can be incorporated into IDSS itself what makes easier usage and modification of the methods if necessary;*
- next the recommendations can be generated regarding possible types of mathematical models to be constructed in each specific case and algorithms for their constructing; this is especially convenient for the users who still do not have enough experience of analyzing non-stationary and non-linear processes;*
- the IDSS is usually directed towards solution of specific problems – for example, constructing models for risk estimation can include necessary (available and designed for specific tasks) statistical quality criteria providing the possibility for thorough analysis of model adequacy and forecast quality;*
- the system provides a user with necessary recommendations in cases when a model constructed does not exhibit necessary adequacy and quality of forecasting is not satisfactory; these recommendations indicate what other model type can be constructed or what additional data processing like fighting uncertainties can be performed.*

The experience of practical application of specialized IDSS shows that quality of risk analysis is substantially higher with constructing the specialized system. Also necessary time for carrying out the analysis is usually shorter.

Keywords: *financial risks, non-linear and non-stationary processes, mathematical models, intellectual decision support system, statistical uncertainties.*

Bidyuk Petro, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Mathematical Methods for System Analysis, National Technical University "Igor Sikorsky KPI", Peremogy str., 37, Kyiv, Ukraine, 03056
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7421-3565>

Tymoshchuk Oxana, PhD, Associate Professor, Department Head, Department of Mathematical Methods for System Analysis, National Technical University "Igor Sikorsky KPI"
Peremogy str., 37, Kyiv, Ukraine, 03056
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1863-3095>

IoT INTEGRATION MODELS INTO HUMAN CAPITAL MANAGEMENT SYSTEMS: CHALLENGES AND PROSPECTS

Chezhimbaeva Katipa, Domalatov Yerzhan

Given the accelerating digital transformation of the economy and the growing complexity of human capital development, organizations and government institutions are increasingly integrating Internet of Things (IoT) technologies into management practices. IoT enables continuous monitoring of work processes, working conditions, and educational activities, creating the preconditions for increasing productivity, developing new competencies, and adapting HR strategies to the demands of the digital environment. However, the highly fragmented IoT infrastructure, the lack of unified data standards, and differences in the digital maturity of organizations complicate the institutional implementation of these technologies and slow down decision-making.

To address these challenges, the study proposes examining IoT integration through the lens of three institutional models. The first model – the operational model – involves using IoT to monitor work conditions, improve safety, and reduce the likelihood of errors by recording production environment parameters in real time. The second – the competency model – focuses on the use of IoT platforms in education, professional training, digital skills development, and the creation of individual learning paths based on data received from sensor systems. The third model – the strategic one – involves using IoT data to forecast talent needs, optimize human resource management, and formulate management decisions based on big data analytics.

The analysis identified key challenges hindering the widespread adoption of IoT in human capital management. These include the risk of personal data leakage due to the high degree of network connectivity of devices, the uncertainty of the legal status of data, the limited readiness of organizations to process continuous information flows, and the inadequacy of regulatory data protection mechanisms. The shortage of specialists capable of operating, analyzing, and developing IoT ecosystems also remains a serious constraint, reducing the potential of these technologies to develop future competencies.

The findings are linked to the institutional characteristics of IoT implementation, as the technological efficiency of devices cannot compensate for the structural limitations of management systems. IoT integration is effective only when consistent data management standards, a developed cybersecurity infrastructure, and the established digital competence of employees are in place. In such a context, the IoT is becoming not only a productivity-enhancing tool but also a mechanism for the evolutionary development of human capital, facilitating the development of new skills, increasing adaptability, and modernizing management practices.

Keywords: IoT, human capital, digital competencies, management models, digital transformation, workforce development.

Chezhimbayeva Katipa, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Telecommunication Engineering, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named Gumarbek Daukeyev, Baitursynuly str., 126/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050013
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1661-2226>

Domalatov Yerzhan, Master of Economic Sciences, PhD-Candidate, Department of Economics, Management and Finance, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, 30 Gvardeiskoi Divizii str., 34, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, 070000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9955-9282>

FUZZY MODELLING APPROACH FOR PREDICTING EMERGENCY RISKS IN SMART CITIES

Gasimov Huseyn

In the modern era of rapid expansion of smart city concepts, the intensification of urbanization processes and the increasing complexity of critical infrastructure make timely decision-making during emergencies and technogenic incidents more crucial than ever. Ensuring public safety in such environments requires accurate assessment of diverse risk factors and early prediction of potential human casualties. Although smart cities widely employ sensor networks, video-analytics systems, and IoT technologies that enable real-time data collection, the uncertainty inherent in these data—such as measurement errors, environmental variability, the dynamic nature of events, and the unpredictability of human behavior—complicates precise risk evaluation. For this reason, the application of fuzzy set theory offers significant advantages in the initial assessment of emergency situations, the allocation of resources, and the optimization of response decisions. A fuzzy-based approach enables more adequate modeling of complex and non-linear urban processes, reduces the impact of data uncertainty, and supports more reliable and timely prediction of emergency-related risks.

To address this problem, the application of fuzzy set theory is proposed. In this approach, a city is modeled as a set, whose subsets represent administrative institutions, enterprises, organizations, residential buildings, and industrial or service facilities, while the elements correspond to the city's population.

The locations of city residents—both their homes and workplaces—as well as their daily movements vary dynamically throughout the day. For instance, a citizen may reside in area “A,” work in facility “B” during the first half of the day, in facility “C” during the second half, and return to their residence in area “A” in the evening. Consequently, their coordinates change dynamically over the course of a day. From this perspective, the city can be considered as a collection of elements whose positions change dynamically and fuzzily over time.

In the proposed model, each citizen is represented as an element of a set corresponding to their expected location at a given hour. If a technogenic accident or natural disaster occurs in a particular area, the affected subsets are identified as high-risk zones based on the spatial extent of the incident. The elements of these subsets—i.e., the population present in the affected areas—are registered as potentially injured or endangered individuals.

The system automatically establishes contact with these individuals by sending short messages with pre-defined text and response options. Based on their responses, individuals are categorized as unharmed, injured, or otherwise affected. The corresponding elements are then removed from the original subsets and added to appropriate ones. As a result, shortly after the occurrence of an accident or disaster, timely and organized information about affected or endangered individuals is obtained. This information allows search-and-rescue teams and medical services to be directed to precise locations efficiently.

Keywords: smart cities, fuzzy logic, emergency risk prediction, uncertainty modeling, decision support systems.

Gasimov Huseyn, PhD, Head of Department, Department of Electronics and Information Technologies
Nakhchivan State University, Nakhchivan city University campus, Republic of Azerbaijan, Nakhchivan city,
University campus, AZ7012
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3714-875X>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ ВЕБДОДАТКУ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Жинжиков Д. Д., Чепурна І. С.

В умовах активного розвитку хмарних технологій та застосування вебдодатків ефективність використання ресурсів є основним фактором забезпечення стабільного функціонування інфраструктури таких додатків. Зокрема, застосування технологій віртуалізації, що є основою хмарних технологій, дозволяє забезпечити розгортання та стабільне функціонування різноманітних сервісів з використанням віртуальних машин або контейнерів. Хмарні вендори пропонують обчислювальні ресурси, що надаються в межах моделей надання послуг. Такі моделі мають визначені обчислювальні ресурси, зокрема обсяг оперативної пам'яті, дискового простору, потужність процесору. Для розгортання компонентів інфраструктури вебдодатку широко застосовується контейнеризація. Це дозволяє розгорнути вебдодатки з розміщенням компонентів їх інфраструктури в ізольованих контейнерах.

В умовах підвищеного навантаження одним з підходів до забезпечення стабільного функціонування вебдодатків є збільшення обчислювальних потужностей та дублювання інфраструктурних компонентів. Це досягається масштабуванням компонентів інфраструктури вебдодатку.

Постановка проблеми полягає у необхідності обґрунтованого вибору між повною віртуалізацією та контейнеризацією для забезпечення масштабування компонентів інфраструктури вебдодатку в умовах обмежених ресурсів.

Об'єктом дослідження є процеси споживання обчислювальних ресурсів при стабільному функціонуванні вебдодатку для забезпечення масштабування компонентів їх інфраструктури в умовах підвищеного навантаження з використанням повної віртуалізації на базі гіпервізора 2 типу та контейнеризації.

Авторами статті розпочато цикл експериментів для встановлення закономірностей споживання ресурсів при розгортанні та функціонуванні вебдодатків різних умовах з метою обґрунтування вибору технології віртуалізації. Вивчено вплив обраної технології на час запуску сервісу обчислювальних ресурсів при горизонтальному масштабуванні. Встановлено, що час запуску сервісу всередині попередньо налаштованої віртуальної машини складає 30 мс, а час запуску такого самого сервісу в контейнері Docker складає 50мс. При цьому для розгортання сервісу в віртуальній машині витрати обчислювальних ресурсів становлять потужність процесору з 2 ядер, обсяг оперативної пам'яті становить 2 Гб, дискового простору 20 Гб. Для розгортання сервісу в контейнері використовуються ресурси спільного ядра хоста, а фактичні витрати обчислювальних ресурсів обмежуються вимогами самого сервісу, зокрема обсяг оперативної пам'яті становить 30 Мб, а дискового простору – 150 Мб, що відповідає розміру образу сервіса.

Цей результат обґрунтовано тим, що контейнеризація використовує спільне ядро операційної системи хоста, усуваючи необхідність встановлення повного дублікату гостьового ядра, системних процесів та мережних налаштувань для кожного вебдодатка. Завдяки цьому досягається значно вища щільність розміщення компонентів інфраструктури вебдодатка та мінімізуються витрати обчислювальних ресурсів при горизонтальному масштабуванні. Таким чином в умовах обмежених ресурсів контейнеризація є найбільш ефективною технологією для забезпечення стабільного функціонування вебдодатка.

Ключові слова: віртуалізація, контейнеризація, масштабування, вебдодаток, ресурси.

Жинжиков Данил Дмитрович, здобувач, кафедра електронних обчислювальних машин, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6118-9459>

Чепурна Ірина Сергіївна, асистентка, кафедра електронних обчислювальних машин, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2442-6221>

РОЗРОБЛЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ ЗАПИСІВ (EER SYSTEM) НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Шматко О. В., Кириченко О. В.

У традиційних системах управління електронними освітніми записами (EER) кожен навчальний заклад зберігає власні студентські записи незалежно, що ускладнює обмін або перевірку академічних даних між різними освітніми платформами. Останнім часом технологія блокчейн стала перспективним рішенням, яке забезпечує безпечний та ефективний обмін EER-записами між установами, що працюють на різних системах. Проте зберігання повних освітніх записів безпосередньо у блокчейні є недоцільним через обмежену ємність сховища та високі операційні витрати. Для розв'язання цієї проблеми використовується хмарна інфраструктура як додаткове рішення, що надає переваги у вигляді масштабованого зберігання та високої доступності. Об'єктом проведеного дослідження є система управління електронними освітніми записами (Electronic Education Record, EER), що призначена для зберігання, обробки, обміну та автентифікації освітніх даних між різними навчальними закладами, роботодавцями та студентами.

Для вирішення зазначених проблем у роботі запропоновано інноваційний підхід до побудови EER-системи, який базується на поєднанні технології блокчейн та хмарних обчислень. Основна ідея полягає у розподілі функцій між двома компонентами: блокчейн-мережа забезпечує цілісність, незмінність та контроль доступу до освітніх записів шляхом збереження хеш-ідентифікаторів транзакцій, журналів подій та смарт-контрактів, що регламентують взаємодію між учасниками. Хмарна інфраструктура використовується для масштабованого зберігання зашифрованих EER-даних, що дозволяє зменшити навантаження на блокчейн і уникнути обмежень його пропускної здатності та вартості. Для забезпечення безпечного обміну даними між користувачами застосовано еліптичну криптографію (Elliptic Curve Cryptography, ECC), яка забезпечує високий рівень захисту при мінімальних обчислювальних витратах. Для оцінки стійкості системи проведено моделювання у середовищі AVISPA (Automated Validation of Internet Security Protocols and Applications), яке підтвердило відсутність вразливостей до основних типів атак, таких як повторна, підміна повідомлень або атака "люди-на-посередині". Додатково застосовано BAN-логічний аналіз, який засвідчив наявність взаємної автентифікації між суб'єктами системи.

Розроблена система EER забезпечує захист від основних типів атак (повторної, підміни, перехоплення даних), гарантує взаємну автентифікацію учасників обміну та зменшує обчислювальні витрати порівняно з існуючими схемами. За результатами моделювання підтверджено стійкість протоколу до загроз, а також ефективність механізмів контролю доступу. Досягнення підвищеної безпеки та продуктивності пояснюється поєднанням переваг блокчейн-технології та хмарної інфраструктури. Блокчейн забезпечує довіру та незмінність даних, тоді як хмарні сервіси дозволяють масштабне зберігання освітніх записів без надмірних витрат ресурсів. Використання ECC робить систему придатною для практичного впровадження у навчальних закладах різного рівня, зберігаючи баланс між безпекою та ефективністю.

Ключові слова: блокчейн, хмарні обчислення, еліптична криптографія, автентифікація, безпека даних, смарт-контракт, AVISPA, BAN-логіка.

Шматко Олександр Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень, Технічний Університет "Метінвест Політехніка", Південне шосе, 80, м. Запоріжжя, Україна, 69008

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2426-900X>

Кириченко Олег Володимирович, аспірант, кафедра програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4445-4057>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВЕКТОРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Кудряшова А. В., Оліярник Т. І.

Точне оцінювання якості векторних зображень є складним завданням, адже для векторної графіки якість не зводиться до однієї характеристики. Важливо, щоб контури й шрифти коректно відтворювались, градієнти та маски не створювали артефактів, кольори були передбачуваними для екрана і друку, а файли не створювали проблем із продуктивністю (час рендерингу, розмір SVG/PDF тощо). Через відмінності рушіїв рендерингу та сценаріїв використання (веб, інтерфейсні іконки, поліграфія) часто доводиться порівнювати альтернативи (різні версії зображення або налаштування експорту) та обирати найкращу за сукупністю критеріїв.

У межах дослідження запропоновано застосувати метод аналізу ієрархій АНР як інструмент перетворення експертних суджень про важливість критеріїв у кількісні ваги. Визначено перелік найважливіших критеріїв: геометрична точність контурів (якість стиків, стабільність товщини ліній, коректність кривих), якість антиаліасингу (наявність «зубців», ореолів, деградація дрібних деталей на різних масштабах), коректність заливок/градієнтів/масок (смуги, помилки прозорості та накладання), колірна відповідність (стабільність відтінків у профілях, коректність при експорті) та продуктивність (час рендерингу, розмір файлу, поведінка в цільових переглядачах). Альтернативи порівнювалися на основі вимірюваних ознак та експертної інтерпретації, після чого формувалися локальні оцінки й підсумковий рейтинг.

Практичні ознаки для оцінювання подано як індикатори, придатні для робочого процесу. Для геометрії це відхилення контуру після контрольної растеризації, розриви та перетини, некоректні стики та нестабільність ліній при масштабуванні. Для антиаліасингу — видимість сходинок на межах, поява ореолів і погіршення читабельності дрібних елементів (іконки, текст) на типових масштабах. Для заливок і масок — смуги на градієнтах, артефакти обрізання, помилки прозорості та порядку накладання. Для кольору — відхилення від очікуваного вигляду на екрані або при друкуванні та стабільність при зміні профілів. Для продуктивності — час рендерингу сцени, пікове споживання пам'яті, розмір експортованого файлу й швидкість відображення на цільових пристроях.

У результаті отримано узгоджений механізм інтегрального оцінювання, який дозволив ранжувати альтернативи та пояснювати причини вибору. Показано, що ваги критеріїв доцільно калібрувати під домен. Для поліграфії пріоритет зміщується до колірної відповідності та геометричної точності. Для веб-графіки й UI-іконок суттєвішими є антиаліасинг і продуктивність. Запропонований підхід забезпечив відтворюваний вибір кращої альтернативи та надав зрозуміле обґрунтування внеску критеріїв у підсумковий рейтинг. Це полегшує узгодження результатів між дизайнерами, розробниками та фахівцями з підготовки контенту.

Ключові слова: векторне зображення, якість, метод аналізу ієрархій, альтернатива.

Кудряшова Альона Вадимівна, доктор технічних наук, доцент, кафедра систем віртуальної реальності Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0496-1381>

Оліярник Тарас Ігорович, аспірант, кафедра комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах, Інститут поліграфії та медійних технологій, Національний університет «Львівська політехніка» вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0873-6674>

МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Худов Г. В., Токарев С. О.

Враховуючи світові тенденції розвитку технологій дистанційного зондування Землі, зокрема стрімке зростання кількості космічних апаратів із радіолокаційними системами синтезованої апертури, в останній час у провідних державах світу активно впроваджуються новітні методи обробки радіолокаційних зображень. Це дозволяє суттєво підвищити точність та оперативність виділення об'єктів інтересу, здійснювати моніторинг змін на земній поверхні, оцінювати стан інфраструктури та оперативно отримувати розвідувальну інформацію незалежно від погодних умов та часу доби. В свою чергу, в умовах російсько-української війни з кожним днем збільшується потреба в обробці зображень з космічних систем радіолокаційного спостереження в інтересах безпеки та оборони держави. Існує також необхідність постійного моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, включаючи ті, що знаходиться на тимчасово окупованих територіях. Тому особливого значення набуває застосування сучасних методів обробки радіолокаційних зображень, що і є об'єктом проведеного наукового дослідження. Однак ефективне використання матеріалів космічних систем радіолокаційного спостереження ускладнюється особливостями таких зображень, основними з яких є наявність спекл-шуму на вхідному радіолокаційному зображенні. Для вирішення цієї проблеми було проведено аналіз відомих методів обробки зображень з космічних систем радіолокаційного спостереження. За результатами аналізу встановлено, що порогові методи є простими в реалізації та ефективними при формуванні бінарних фільтрів, однак їхня результативність суттєво знижується за умов наявності на вхідному зображенні спекл-шуму. Текsturні методи обробки дозволяють відобразити структуру сцени зйомки, але характеризуються високою обчислювальною складністю та також є чутливими до шумів різної природи. Методи кластерного аналізу, включаючи модифіковані алгоритми, забезпечують гнучкість та можливість адаптації до складних сцен зйомки, проте суттєво залежать від параметрів розподілу пікселів та вимагають значних обчислювальних ресурсів при великих обсягах даних. Інша група методів, до яких входять графові та регіональні методи обробки зображень, показують високу якість обробки лише у спеціалізованих задачах, наприклад при виділенні водних поверхонь, сільськогосподарських угідь тощо, тобто вони мають обмежену універсальність. Поляриметричні методи обробки зображень дають змогу враховувати структуру та неоднорідність території зйомки, але результат роботи залежить від оптимізації параметрів методу та може завершуватись проблемою появи локальних мінімумів. Сучасні глибокі нейронні мережі, включаючи моделі на основі трансформерів, U-Net, YOLO, DeepLabv3+ тощо, демонструють високу точність при виділенні складних об'єктів інтересу на зображеннях, проте потребують наявності великих навчальних вибірок, значних обчислювальних ресурсів та часу на навчання та перенавчання. Отже, проведений аналіз засвідчує, що існуючі методи обробки радіолокаційних зображень мають низку недоліків, основними з яких є чутливість до спекл-шуму та інших артефактів, притаманних радіолокаційній зйомці, висока обчислювальна складність, що обмежує обробку зображень в режимі реального часу, залежність від вибору параметрів роботи методу, обмежена універсальність, тобто ефективність роботи методів лише для конкретних типів об'єктів інтересу або визначених території зйомки, потреба у великих навчальних вибірках для сучасних нейромережевих підходів тощо. З огляду на викладене вище, актуальним є удосконалення існуючих методів обробки радіолокаційних зображень або розробка нових підходів, спрямованих на врахування зазначених недоліків.

Ключові слова: радіолокаційне зображення, космічні системи розвідки та спостереження, обробка зображень, дистанційне зондування Землі, цифрові методи обробки зображень

Худов Геннадій Володимирович, доктор технічних наук, професор, начальник кафедри, кафедра тактики радіотехнічних військ, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-2848>

Токарев Сергій Олегович, Викладач, кафедра інженерно-авіаційного забезпечення факультету авіаційного транспорту, Інститут цивільної авіації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0141-2150>

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ КОНСЕНСУСУ ДЛЯ РОЗРОБКИ БЕЗПЕЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Шматко О. В., Жержерунов П. Ю.

Сучасні логістичні системи характеризуються складною структурою, багаторівневою взаємодією між учасниками та значною кількістю інформаційних вузлів, що підвищує ризики несанкціонованого доступу, фальсифікації даних і втрати цілісності інформаційних потоків. Проблематика роботи полягає у розробленні децентралізованого механізму довіри, здатного забезпечити перевірюваність, відстежуваність і прозорість обміну даними без потреби у централізованому контролі. Об'єктом дослідження є система управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management, SCM), у якій реалізовано механізм консенсусу Proof-of-Friendship (PoF) як основу для забезпечення безпечного, надійного та сталого обміну даними між учасниками мережі. Запропонований підхід базується на інтеграції механізму консенсусу Proof-of-Friendship у структуру децентралізованої SCM-системи. На відміну від традиційних алгоритмів консенсусу, таких як Proof-of-Work або Proof-of-Stake, механізм PoF використовує три взаємопов'язані параметри – геолокацію вузлів, рівень успішності транзакцій та джерело енергопостачання – як ключові детермінанти у процесі вибору валідаторів.

Функціональна архітектура PoF інтегрована у блокчейн-мережу, що забезпечує фіксацію транзакцій у незмінному реєстрі з використанням смарт-контрактів для управління правами доступу, шифруванням переданих даних і верифікацією достовірності учасників. Моделювання функціонування запропонованої системи показало, що впровадження консенсусного механізму PoF у середовищі ланцюгів постачання дозволяє знизити ризик несанкціонованого втручання приблизно на 40% порівняно з традиційними протоколами консенсусу. Скорочення затримки підтвердження транзакцій на 35–40% досягається завдяки оптимізованому відбору валідаторів із високими показниками надійності. Результати дослідження демонструють підвищення цілісності, прозорості та керованості потоків даних у глобально розподілених SCM-мережах. Інтеграція PoF із хмарними сервісами та технологіями Інтернету речей (IoT) забезпечує автоматичне відстеження товарів у реальному часі та мінімізує ризики фальсифікації або втрати інформації на будь-якому етапі ланцюга постачання. Досягнута ефективність пояснюється синергетичною дією трьох факторів – геолокаційного розподілу, операційної надійності та енергетичної стійкості – що забезпечують комплексну оцінку вузлів і підвищують адаптивність системи до зовнішніх впливів. На відміну від класичних блокчейн-протоколів, механізм Proof-of-Friendship не вимагає значних обчислювальних ресурсів, що робить його оптимальним для впровадження у малих і середніх логістичних підприємствах.

Ключові слова: Proof-of-Friendship, блокчейн, ланцюги постачання, консенсус, безпека даних, смарт-контракти, децентралізація, IoT.

Шматко Олександр Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень, Технічний Університет "Метінвест Політехніка", Південне шосе, 80, м. Запоріжжя, Україна, 69008

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2426-900X>

Жержерунов Павло Юрійович, аспірант, кафедра програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7240-9395>



МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

55

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPING APPROACH FOR CONVEX-CONCAVE PARTS USING REVERSE ENGINEERING

Bychkov Ihor, Kucherenko Dmytro, Chubukina Olha

56

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ

Гавенко С. Ф., Воловий П. А., Лабецька М. Т.

57

PROTOTYPING OF AVIATION COMPONENTS USING THE METHOD OF SUSTAINABLE REVERSE ENGINEERING

Maierova Kateryna, Ilin Oleksandr, Chubukina Olha

58

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE RESTORATION OF AIRCRAFT PARTS USING REVERSE ENGINEERING AND 3D PRINTING METHODS

Oliylyk Dmytro, Kaidan Elvira, Chubukina Olha

59

TOPOLOGY OPTIMIZATION OF AVIATION COMPONENT GEOMETRY DURING PROTOTYPING FOR WEIGHT REDUCTION WITHOUT LOSS OF STRENGTH

Voronko Iryna, Spilnyi Herman, Chubukina Olha

60

ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ 3D-ДРУК: ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИХ ЦІЛЕЙ

Шведчикова І. О., Клецко П. В., Цибуленко Д. А.

61

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR RESTORING THE ANALYTICAL STANDARD OF DAMAGED COMPONENTS IN AVIATION AND MILITARY EQUIPMENT

Maierova Kateryna, Stepanenko Dmytro, Chubukina Olha

62

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ В КІЛЬЦЕВИХ КАМЕРАХ ЗМІШУВАННЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

Юдін І. І.

63

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНОСТІ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ЗАЛІЗНИЧНО-ПОРОМНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Ловська А. О., Діжо Я., Блатницький М.

64

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМОВОЇ ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Равлюк В. Г., Дерев'янчук Я. В., Равлюк М. Г.



МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

65

DEVELOPMENT OF T-SHAPED WORKING BODIES FOR OBTAINING FEED FROM PLANT WASTE

Iskakov Ruslan

66

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

Казак І. О., Сідоров Д. Е.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPING APPROACH FOR CONVEX-CONCAVE PARTS USING REVERSE ENGINEERING

Bychkov Ihor, Kucherenko Dmytro, Chubukina Olha

Contemporary production and maintenance practices in aviation necessitate the development of rapid prototyping technologies for manufacturing parts. This is particularly relevant for components of complex shapes, especially those with convex-concave surfaces typical of aerodynamic profiles such as blades, double-curvature skins, and fairings. Aircraft manufactured using template-based methods and lacking design or technological documentation primarily require digitization and the creation of an electronic database. In such cases, reverse engineering technologies serve as a key tool for generating highly accurate geometric data, which constitutes the central focus of this study. However, the complex surface geometry of the examined part and stringent accuracy requirements pose significant challenges for 3D scanning and CAD model processing.

To address these challenges, a technological approach is proposed that includes determining the optimal scanning orientation, applying algorithms for smoothing and noise filtering, detecting uncertainty zones, and reconstructing missing fragments using local approximation functions. The objective of the research is to develop a prototyping technology for convex-concave parts based on the integrated use of high-precision 3D scanning and inspection with a coordinate-measuring machine. The study examines the process of forming a high-accuracy digital representation (± 0.05 mm), which serves as the primary source of information for the subsequent CAD model. Experimental results demonstrate that the combined approach achieves the targeted accuracy, enabling prototype fabrication using 3D printing or CNC machining.

It has been established that the key sources of errors are geometric features (sharp edges, small curvature radii, local depressions), as well as software limitations in generating surfaces from triangular meshes. To compensate for these factors, an algorithm was developed for the local adaptation of B-spline control points and automatic deviation estimation, ensuring stable prototype shape formation. The findings confirm the applicability of the developed technology for rapid prototyping and modernization of products with complex curvilinear structures.

Keywords: *convex-concave surfaces, reverse engineering, rapid prototyping, 3D scanning, 3D printing, CAD model.*

Bychkov Ihor, Doctor of Science in Engineering, Professor, Technology of Aircraft Manufacturing Department
Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: 0000-0002-4819-5826

Dmytro Kucherenko, PhD student, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1195-6663>

Chubukina Olha, PhD, Associate Professor, Department of the Foreign Languages, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6960-3497>

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ

Гавенко С. Ф., Воловий П. А., Лабецька М. Т.

Сучасний флексографічний друк досягнув високої якості зображення на відбитках, забезпечуючи передавання градації тонів та графічних елементів на металізованій поверхні, завдяки впровадженню технологій *HD Flexo* та частотно-модульованого растровання (*FM screening*). Використання фарб на водній основі забезпечує екологічність і популярність флексографії для виготовлення гнучкого пакування. Крім того, сучасні флексографічні машини оснащені додатковими секціями для лакування, ламінування, висікання тощо. Тому актуальними є дослідження якості відбитків флексографічного друку.

Авторами статті проведено цикл експериментальних досліджень друкарських відбитків на металізованій фользі, отриманих на флексографічній машині *Omet "Varyflex V2 670"* з конвекційною тепловою сушкою (*Hot Air Drying*), які дозволили виявити фактори впливу на якість надрукованих зображень.

Основний вклад полягає у побудові причинно-наслідкової діаграми факторів впливу на якість відбитків флексографічного друку, у якій зазначено статично керовані фактори впливу, де зміна одного показника впливає на величину інших. Сформовано семантичну мережу множини причин появи ймовірних дефектів на відбитках у вигляді орієнтованого графа. Аналіз досліджень дозволив розробити імітаційну модель керування процесом забезпечення якості відбитків з врахуванням значень вхідних параметрів друку (швидкості, тиску, температури сушіння), технологічних характеристик анілоксових валиків (об'єму комірок, форми та геометрія, лініатури і кута нахилу растра), властивостей фарби (в'язкість) та металізованої фольги (поверхневий натяг).

Ключові слова: флексографічні відбитки, багаторівневі моделі, семантична мережа, орієнтовані графи, показники якості.

Гавенко Світлана Федорівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри поліграфічних технологій та пакувань, Інститут поліграфії та медійних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Під Голоском, 19, м. Львів, Україна, 79020
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-5174>

Воловий Павло Анатолійович, аспірант, кафедра поліграфічних технологій та пакувань, Інститут поліграфії та медійних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Під Голоском, 19, м. Львів, Україна, 79020
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9989-7190>

Лабецька Марта Тарасівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра поліграфічних технологій та пакувань, Інститут поліграфії та медійних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Під Голоском, 19, м. Львів, Україна, 79020
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2818-051X>

PROTOTYPING OF AVIATION COMPONENTS USING THE METHOD OF SUSTAINABLE REVERSE ENGINEERING

Maiorova Kateryna, Ilin Oleksandr, Chubukina Olha

Considering the current state of development in the aviation industry, and in order to ensure rapid manufacturing, replacement, and/or repair of components and products supplied by partner countries, enterprises in Ukrainian are actively implementing advanced technologies of reverse engineering (RE). RE enables high-precision digitization (0.10–0.05 mm) of components of any geometry, particularly complex-profile surfaces such as turbine blades, propellers, and fuselage panels, which are the focus of this study. However, uncertainty in the input data for creating digital models – such as tolerances for manufacturing and assembly deviations, surface conditions, and other factors – complicates and slows down the processes of prototyping, replacement, and repair.

*To address this issue, the method of sustainable RE is proposed. This method involves the use of an ideal portrait in *.STL format obtained by refining the real portrait after 3D scanning of the test component. Nevertheless, sustainable RE currently lacks established data on geometric accuracy requirements during prototyping. Therefore, the research also aims to determine tolerance parameters for geometric deviations of components manufactured using this technology.*

The authors initiated a series of experiments on prototyping complex-profile aviation components using 3D printing or CNC machining. Industrial practices related to setting and assigning tolerances for various dimensions and surface shapes were studied. The influence of 3D scanning accuracy on the precision of creating the ideal portrait was demonstrated. It was revealed that sustainable RE can be applied when rapid manufacturing and prototyping, are required, provided that geometric accuracy requirements of no less than ± 1 mm are met.

The obtained results are likely associated with limitations of software functionality in processing scanned portraits into ideal ones, which affects the accuracy of forming angles smaller than 90° , fillet radii or roundings less than 5 mm, sharp edges, and similar features. In such cases, conventional RE with the creation of a reference 3D model should be used, ensuring the desired geometric accuracy of the manufactured component.

Keywords: reverse engineering, geometric accuracy, tolerance, 3D model, component.

Maiorova Kateryna, PhD, Head of Department, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3949-0791>

Ilin Oleksandr, PhD student, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4287-1838>

Chubukina Olha, PhD, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6960-3497>

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE RESTORATION OF AIRCRAFT PARTS USING REVERSE ENGINEERING AND 3D PRINTING METHODS

Oliynyk Dmytro, Kaidan Elvira, Chubukina Olha

Considering the wartime conditions in Ukraine, aircraft manufacturers face the challenge of restoring parts for which structural and technological documentation is unavailable. This requires describing the experimental component as a primary source of information, i.e., as an analytical reference (AR). The created AR reproduces the exact geometry, dimensions, shape, and other parameters (surface roughness, micro-relief, edges, etc.) in digital format, which is subsequently used for design and for developing manufacturing technologies (3D printing, CNC milling, etc.). The objective of the study is to evaluate the accuracy of creating an AR for an experimental aircraft component using reverse engineering (RE) technologies. However, when applying RE, there is a difficulty in connecting the existing technological preparation of production (TPP). To address this issue, it is proposed to use algorithms for the forming processes of the experimental part at the TPP stage, which take into account the solution of direct and inverse problems. Nevertheless, RE does not provide data on geometric accuracy requirements when creating AR. Therefore, the research task also involves establishing tolerance parameters for deviations in component geometry in accordance with the selected manufacturing technology.

The authors have undertaken a series of studies on the creation of an AR for a complex-profile aircraft component, namely an engine blade. The study demonstrates the stages of AR construction using RE technologies (3D scanning with an accuracy of ± 0.05 mm). Tolerance specifications for deviations in the geometry of blades manufactured by 3D printing have been established. The results indicate that the existence of an AR reduces the time required for all forming processes. This is likely associated with the close interconnection between the design and technological stages of TPP, where references to the AR of each original part are maintained, preventing duplication of information in the database. In such cases, effective work is ensured when changes are made to the design of parts and the assembly unit as a whole.

Keywords: reverse engineering, analytical reference, tolerance, aircraft component

Oliynyk Dmytro, PhD student, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3901-0057>

Kaidan Elvira, Student, Department of information technologies of design, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1437-6884>

Chubukina Olha, PhD, Associate Professor, Department of Foreign Languages, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6960-3497>

TOPOLOGY OPTIMIZATION OF AVIATION COMPONENT GEOMETRY DURING PROTOTYPING FOR WEIGHT REDUCTION WITHOUT LOSS OF STRENGTH

Voronko Iryna, Spilnyi Herman, Chubukina Olha

The modern development of the aviation industry motivates leading companies worldwide to increasingly adopt additive manufacturing technologies. One of the key objectives in this transition is the reduction of the weight of aviation components without compromising their strength and reliability. To address this issue, methods of topological optimization (TO) are widely applied. These mathematical approaches allow for the rational distribution of material within a structure in accordance with real operational loads. TO is particularly effective during the development of prototypes produced through 3D printing or CNC machining.

The practical integration of topological optimization into aviation manufacturing is complicated by several factors. These include the imperfection of initial stress-strain models, limitations in the manufacturability of the obtained forms, and variability in material properties, all of which affect the accuracy of predicting the strength and stiffness of structures. Additionally, during prototyping, it is necessary to account for manufacturing tolerances and production-specific features to ensure the accurate reproduction of complex organic surfaces characteristic of TO results.

This study proposes a combined methodology that integrates topological optimization with subsequent parametric refinement and finite element verification to overcome these challenges. This approach makes it possible to adapt organic geometric forms to the capabilities of modern additive technologies, while ensuring the required dimensional accuracy and structural strength of the manufactured components.

Within the scope of the study, a series of experiments was conducted involving the application of topological optimization followed by prototyping of the most material-intensive aviation components, including brackets, load-bearing fastening units, control system elements, and secondary structural parts. The influence of various TO algorithms (SIMP, ESO/BESO, and level-set) on the shape and manufacturability of the resulting structures was analyzed. It was demonstrated that the application of TO allows for a reduction in prototype weight within the range of 20–55% without loss of strength, provided that the FEM model is properly validated and real manufacturing tolerances are taken into account.

It was established that the main limitations are associated with the accuracy of reproducing small elements of the optimized geometry, such as thin webs, curvilinear cavities, and small fillet radii. In such cases, a hybrid approach is recommended: initial TO → simplification and parametrization → repeated FEM verification → prototype manufacturing. This ensures compliance with strength and geometric accuracy requirements in the range of ± 0.3 mm, depending on the prototyping technology used and the complexity of the component.

Keywords: topological optimization, prototype, weight reduction, aviation component

Spilnyi Herman, PhD student, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4823-1253>

Voronko Iryna, PhD, Associate Professor, Department of Aircraft Manufacturing Technologies, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9689-6977>

Chubukina Olha, PhD, Associate Professor, Department of Foreign Languages, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6960-3497>

ФОТОЕЛЕКТРИЧНИЙ 3D-ДРУК: ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНИХ ЦІЛЕЙ

Шведчикова І. О., Клецко П. В., Цибуленко Д. А.

У військово-медичній сфері стають все більш поширеними адитивні технології або 3D-друк. Енергонезалежне адитивне виробництво дозволяє виготовляти необхідні деталі та інструменти, засоби захисту та навіть протези, шини для конкретного пацієнта прямо на місці надання медичної допомоги або поруч із ним за лічені години та за відсутності стабільного електроживлення. Тому актуальною є проблема оперативного забезпечення військових, медиків, представників гуманітарних місій необхідними засобами в польових умовах через складну логістику та відсутність стабільного електроживлення. Для вирішення цієї проблеми об'єктом дослідження визначено енергонезалежну портативну систему 3D-друку з живленням від сонячних батарей, яка є зручною для транспортування та швидкого розгортання у польових умовах.

У межах дослідження авторами запропоновано концепцію стартапу системи 3D-друку, основним елементом якої є базова модель 3D-принтеру Bambu Lab P1S, споживана потужність якого під час друку складає ~350 Вт, а пікова потужність може досягати 500 Вт. Розроблено схему підключення 3D-принтера до фотоелектричної системи (ФЕС), яка складається із сонячних панелей, акумуляторів, інвертора та контролера заряду. Були проведені розрахунки ФЕС в припущенні, що 3D-принтер працює 4 години на добу в період найбільш високої сонячної радіації. За розрахунками визначені мінімальні вимоги до технічних характеристик обладнання ФЕС, які за необхідності можуть бути масштабовані до умов більш тривалого використання 3D-друку. Також була проведена попередня оцінка вартості кожної одиниці обладнання ФЕС та всієї системи в цілому. Діапазон вартості системи 3D-друку в залежності від якості компонент та масштабу може становити від 60 до 300 тис. грн. Отримані результати свідчать про те, що запропонована система фотоелектричного 3D-друку характеризується високим потенціалом для комерційного впровадження. Однак на початковому етапі, враховуючи воєнний стан в Україні, доцільно забезпечити соціальну спрямованість стартапу. Тому ціловою аудиторією стануть, перш за все, військовослужбовці та військові медики. Стартап також може бути корисним для гуманітарних організацій, у навчанні та проведенні наукових досліджень з оборонної та медичної тематики.

На початковому етапі монетизації пріоритетом стартапу є не отримання прибутку, а досягнення соціального ефекту, зокрема забезпечення доступності технології для військових медиків, шпиталів і волонтерських організацій. Тому основним джерелом фінансування мають стати гранти, донори, благодійні фонди, державні програми підтримки інновацій. На цьому етапі доцільно профінансувати, наприклад, перші 5-10 систем 3D-друку для військових шпиталів. За розрахунками орієнтовна ціна виробництва дослідної партії з десяти систем 3D-друку складатиме 3 800 000 грн. На наступному етапі доцільним є поступове додавання комерційної складової. Це передбачає масштабування виробництва та подальше удосконалення системи, яку можна буде продавати медичним центрам та навчально-дослідним установам. Фінансові надходження забезпечуватимуть сталість фінансування стартапу. Водночас зберігатиметься його соціальна спрямованість і можливість підтримки військово-медичних та гуманітарних ініціатив. Таким чином, у роботі запропоновано технічне рішення фотоелектричного 3D-друку для військово-медичних потреб, на основі якого сформовано концепцію стартапу, перевагами якого є енергонезалежність та ефективність використання.

Ключові слова: 3D-друк, адитивна технологія, фотоелектрична система, стартап, технічні характеристики, енергонезалежність, ефективність, комерціалізація, масштабування.

Шведчикова Ірина Олексіївна, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки, Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська, 2, м. Київ, Україна, 01011
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3005-7385>

Клецко Поліна Володимирівна, здобувач вищої освіти – бакалавр, кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки, Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська, 2, м. Київ, Україна, 01011
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1512-3881>

Цибуленко Дмитро Андрійович, здобувач вищої освіти – бакалавр, кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки, Київський національний університет технологій та дизайну, вул. Мала Шияновська, 2, Київ, Україна, 01011
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5459-9162>

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR RESTORING THE ANALYTICAL STANDARD OF DAMAGED COMPONENTS IN AVIATION AND MILITARY EQUIPMENT

Maiorova Kateryna, Stepanenko Dmytro, Chubukina Olha

During the operation of aviation and military equipment, its structural elements are subjected to complex loads that may lead to partial or complete destruction of components. This issue is particularly relevant for products not manufactured in Ukraine, for which design and technological documentation is unavailable. Therefore, there is a need to create an electronic analytical standard as a primary source of information for subsequent part manufacturing, which highlights the relevance of research in this field. Such a standard serves as the basis for selecting an appropriate repair strategy and developing a technology for precise restoration of missing surface areas, which is the focus of this study.

To address this problem, a comprehensive approach is proposed, combining high-precision laser scanning, reverse engineering methods, residual geometry analysis, and comparison with normative CAD models. However, scanning accuracy alone is not sufficient; thus, the research also aims to define an algorithm for surface restoration based on B-splines and approximating functions, enabling reconstruction of missing fragments of scanned surfaces with high precision (± 0.05 mm).

The authors conducted a series of experiments on restoring the reference geometry of partially worn or damaged components of aviation and military equipment. A research methodology was developed, including algorithms for segmenting damaged zones, generating mesh structures of surfaces, and adaptive smoothing models with manual or automatic parameter selection. It was demonstrated that the developed technology enables integration scanning results with geometry databases and coordinate systems into any CAD software without loss of accuracy. The obtained results are based on a combined mathematical model that accounts for both local geometric features of the component and statistical characteristics of similar products. This approach allows the reconstructed geometry to serve as a foundation for generating repair trajectories for welding or additive restoration, thereby improving reconstruction accuracy. Additionally, elements of machine learning were applied to estimate the probable original shape in fragments lacking source information. This reduces labor intensity of repair operations, enhances modeling accuracy, and optimizes production processes in the field of aviation and military component restoration. The developed methodology can be integrated into digital platforms for technical diagnostics and automated systems for designing production processes.

Keywords: analytical standard, accuracy, scanning, aviation components, B-splines, digital modeling

Maiorova Kateryna, PhD, Head of Department, Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3949-0791>

Stepanenko Dmytro, PhD student Department of Technology of Aircraft Manufacturing, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: 0009-0002-9244-636X

Chubukina Olha, PhD, Associate Professor, Department of Foreign Languages, National Aerospace University "Kharkiv aviation institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6960-3497>

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ В КІЛЬЦЕВИХ КАМЕРАХ ЗМІШУВАННЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

Юдін І. І.

Розвиток ефективних та надійних газотурбінних двигунів (ГТД) залишається пріоритетом сучасного машинобудування. Одним із ключових елементів, що визначають термогазодинамічну ефективність багатоконтурних двигунів, є камера змішування (КЗм). Її основним призначенням є вирівнювання температури та швидкості потоків, що надходять з різних контурів. Останнім часом зростання наукового інтересу до КЗм пов'язане з бурхливим розвитком безпілотних літальних апаратів (БПЛА), особливо тих, що використовують архітектуру зі штовхаючим гвинтом. У таких схемах КЗм набуває нового, вирішального значення, оскільки безпосередньо формує якість потоку для повітряного рушія, впливаючи на його коефіцієнт корисної дії (ККД), вібраційну стійкість та теплові навантаження.

Об'єктом дослідження є процес турбулентного температурного перемішування в кільцевій камері змішування газотурбінного двигуна. Метою роботи є встановлення закономірностей формування просторової структури турбулентних течій та їх ролі у вирівнюванні температурного поля вздовж осі камери.

Дослідження виконано методом чисельного моделювання у середовищі ANSYS Fluent з використанням моделі напружень Рейнольдса (RSM), яка дозволяє коректно відтворювати анізотропію турбулентності в кільцевих каналах. Розглянуто геометрично фіксовану кільцеву камеру змішування за різних вхідних умов, що відрізнялися рівнем турбулентної інтенсивності та співвідношенням швидкісних і температурних полів. Оцінювання ефективності змішування здійснювалося за коефіцієнтом температурної нерівномірності, розподілами температурних градієнтів та характеристиками турбулентної кінетичної енергії.

У результаті чисельного аналізу встановлено, що структура турбулентного перемішування має зональний характер і включає початкову область інтенсивного розвитку вихрових структур, зону стабілізованої турбулентності та ділянку асимптотичного вирівнювання температурного поля. Показано, що великомасштабні турбулентні утворення відіграють визначальну роль у поперечному переносі теплоти на початкових ділянках камери, тоді як на віддаленні від входу домінує дифузійний механізм вирівнювання.

Виявлено, що підвищення рівня турбулентної кінетичної енергії на вході сприяє інтенсифікації температурного перемішування, однак ефективність цього механізму обмежується геометричними параметрами камери. На практиці це означає, що занадто високий рівень турбулентності на вході в короткій камері може призвести не до кращого змішування, а до додаткових гідравлічних втрат без суттєвого вирашу в якості температурного поля. Оптимальний ефект досягається лише при синхронній оптимізації: інтенсивність турбулентності повинна бути достатньою для активізації процесу, але довжина камери (характеризована безрозмірним параметром L^) – достатньою для того, щоб цей процес завершився. Таким чином, для кожної конфігурації існує своє раціональне співвідношення між рівнем вхідних збурень та геометрією.*

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих закономірностей при проектуванні та оптимізації камер змішування газотурбінних двигунів, зокрема для компактних силових установок, де висувуються підвищені вимоги до температурної рівномірності та масо-габаритних характеристик. На основі проведених досліджень сформульовано конкретні практичні рекомендації щодо вибору оптимальної відносної довжини, які дозволяють забезпечити ефективне температурне змішування без необґрунтованого ускладнення конструкції. Ця методика є універсальною та може бути застосована як для перспективних триконтурних авіаційних двигунів, так і для розробки ефективних рушіїв для БПЛА, забезпечуючи технологічний суверенітет у ключовій галузі.

Ключові слова: газотурбінний двигун, камера змішування, турбулентне перемішування, CFD-моделювання, температурне поле, RSM.

Юдін Ілля Ігорович, аспірант, кафедра авіаційних двигунів, Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут», просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9934-553X>

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНОСТІ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА ПРИ ЗАЛІЗНИЧНО-ПОРОМНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Ловська А. О., Діжо Я., Блатницький М.

Розвиток конкурентного середовища на ринку залізничних послуг, необхідність підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту, а також задоволення потреб національної економіки та населення в перевезеннях, зумовлюють розвиток комбінованих систем транспорту. Позитивний досвід експлуатації таких систем відомий на прикладі залізнично-поромних перевезень.

Зростання ефективності експлуатації контейнерів в міжнародному сполученні прогнозує їх перевезення у складі комбінованих поїздів на залізничних поромках. Однак наразі відсутні напрацювання щодо забезпечення технічної адаптації вагонів-платформ до перевезень контейнерів залізничними поромками. Це викликає необхідність проведення досліджень за зазначеним напрямком.

Для забезпечення безпеки перевезень комбінованих поїздів морем запропоноване удосконалення конструкції вагона-платформи шляхом оснащення надбудовами для кріплення контейнерів. Для дослідження міцності та стійкості проти перекидання контейнера, розміщеного на вагоні-платформі, проведено відповідні розрахунки.

Розрахунок на міцність контейнера проведено за методом скінчених елементів, який реалізовано у SolidWorks Simulation. Встановлено, що напруження в конструкції контейнера у випадку його розміщення на крайній від фальшборта колії залізничного порому перевищують допустимі на 22,4%. При розміщенні контейнера на другій від фальшборта колії, а також на середній колії – напруження знаходяться в межах допустимих.

Дослідження стійкості проти перекидання контейнера відносно рами вагона-платформи показали, що у випадку його розміщення на крайній від фальшборта колії стійкість рівноваги контейнера не дотримується. Тому рекомендується розміщувати вагони-платформи з контейнерами на другій від фальшборта та середній коліях.

Результати проведених досліджень сприятимуть створенню рекомендацій щодо безпечного перевезення контейнерів у складі комбінованих поїздів морем, а також підвищенню ефективності залізнично-поромних перевезень.

Ключові слова: контейнер, міцність контейнера, стійкість рівноваги контейнера, залізнично-поромні перевезення, комбіновані перевезення.

Ловська Альона Олександрівна, доктор технічних наук, професор, кафедра інженерії вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

Діжо Ян, доктор філософії, доцент, кафедра транспорту та підйомно-транспортної техніки, Жилінський університет, вул. Универзитна, 8215/1, м. Жиліна, Словаччина, 01026

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9433-392X>

Блатницький Мірослав, доктор філософії, доцент, кафедра транспорту та підйомно-транспортної техніки, Жилінський університет, вул. Универзитна, 8215/1, м. Жиліна, Словаччина, 01026

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3936-7507>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМОВОЇ ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Равлюк В. Г., Дерев'янчук Я. В., Равлюк М. Г.

Підвищення надійності гальмових систем залізничного рухомого складу є одним із ключових напрямів удосконалення експлуатаційної безпеки. Важливою складовою цих систем є гальмова важільна передача візка вантажного вагона, від якої залежить ефективність передавання гальмового зусилля від пневматичного циліндра до колодок. Особливу увагу приділено зняттю вертикальних важелів, яка виконує функцію з'єднувального елемента між важелями і сприймає значні стискаючі навантаження в процесі гальмування.

Для підвищення точності розрахунків та перевірки працездатності елементів гальмової важільної передачі виконано комп'ютерне моделювання просторової моделі зняття у програмному середовищі SolidWorks. Розроблено поетапний алгоритм побудови деталі із застосуванням параметричних інструментів, що забезпечують правильне геометричне відтворення всіх структурних елементів. Особливу увагу приділено формуванню системи кріплення, контактних зон і вушок, які зазнають максимальних напружень під час дії гальмового навантаження.

Проведено розрахунок на міцність зняття вертикальних важелів як стрижневої системи з урахуванням поперечного згину. Для цього застосовано метод скінченних елементів у програмному середовищі SolidWorks Simulation. Встановлено, що максимальні напруження зосереджуються у зонах шарнірних вушок і складають 128 МПа, що на 11,7% нижче від гранично допустимого значення для сталі Ст.3 (145 МПа). Це свідчить про забезпечення конструктивної міцності зняття при експлуатаційних навантаженнях. Виконано візуалізацію полів напружень і переміщень, що дало змогу визначити потенційні зони концентрації зусиль і деформацій. Максимальні переміщення не перевищують 1 мм, що підтверджує достатню жорсткість елемента. Отримані результати використано для вдосконалення геометрії отворів і вушок, а також для підбору оптимального діаметра стрижня, який гарантує стійкість до поперечного згину. На завершальному етапі виконано 3D-друк прототипу зняття з полімерного матеріалу для перевірки точності моделі та якості з'єднань. Отримані результати підтвердили ефективність цифрових технологій у створенні й вдосконаленні елементів гальмових систем.

Ключові слова: гальмова важільна передача, вагон, залізничний транспорт, метод скінченних елементів, міцність, транспортна механіка.

Равлюк Василь Григорович, доктор технічних наук, професор, кафедра інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6021-660X>

Дерев'янчук Ярослав Володимирович, аспірант, кафедра інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха 7, м. Харків, Україна, 61050
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4932-2751>

Равлюк Микола Григорович, Інженер, кафедра інженерія вагонів та якості продукції, Український державний університет залізничного транспорту, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6021-660X>

DEVELOPMENT OF T-SHAPED WORKING BODIES FOR OBTAINING FEED FROM PLANT WASTE

Iskakov Ruslan

To improve feed preparation processes, the use of crushing and grinding equipment is necessary. To increase the likelihood of crack formation in crushed particles, a hypothesis has been put forward regarding the elimination of passive areas on the working surfaces of T-shaped working elements. The elimination of passive areas can be facilitated by creating sharper surfaces on T-shaped working elements. Therefore, during the design and construction of T-shaped working elements, a new striking surface was developed, providing several serrations along the horizontal working surface of the hammer.

After designing the T-shaped serrated working elements and conducting positive idle tests, trials were conducted grinding wheat feed grain, corn feed grain, watermelon seeds, melon seeds, walnut shells, and pistachio shells. It should be noted that waste materials of plant origin were used in the tests. Furthermore, the raw materials used, such as melon and watermelon seed waste, walnut shells, and pistachio shells, contain many beneficial elements, including sufficient fiber and protein, and have proven themselves useful in feeding poultry and as supplementary feed for livestock.

Based on the results of tests and studies, it is clear that the developed T-shaped hammers with serrations produce feed more quickly than flat T-shaped hammers. The use of serrations is advantageous for crushed feed, where the fine-ground fraction of wheat grain was 6% higher than in feed produced with flat T-shaped hammers. Medium and coarse-ground fractions were also better crushed using the T-shaped hammers with serrations. Experiments with crushing watermelon seeds, melon seeds, walnut shells, and pistachios also demonstrated the advantages of the T-shaped hammers with serrations, where the fine-ground fraction was 5-15% higher. Overall, the T-shaped hammers with serrations have demonstrated sufficient efficiency in crushing various plant wastes and are recommended for implementation.

Impact processes, which are quite common during the destruction of hard materials, are characterized by the short-term impact pressures. Scientific hypotheses proposing designs of impact elements with sharp serrations eliminate the ineffective impacts of the material being ground against the edges of the flat surfaces of the working elements. Griffiths' theory is also worth noting, which suggests that the separation of the material being ground into several pieces and particles is achieved by determining the relationship between the crack dimensions and the loading volume. The loading volume depends on the impact force and the penetration depth of the serrations of the impact-cutting element into the pieces and particles of the material being ground. Thus, based on the results of the conducted studies, it can be noted that the obtained feed fractions demonstrate the effectiveness of the proposed serrations, which significantly intensify the production of finely ground particles and reduce the amount of coarsely ground particles. This is primarily due to the design of the hammer's cutting and striking parts, which facilitate greater shear force and accelerated impact of the sharply sharpened serrated surfaces on the material being crushed. All this demonstrates the increased efficiency and speed of action of serrated working surfaces, thereby eliminating passive and ineffective working zones of crushing and grinding tools.

Keywords: *crushing, grinding, T-shaped working bodies, plant waste, serrations.*

Iskakov Ruslan, PhD, Professor, Institute of Engineering and Food Technology, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Zhenis ave., 62 a, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА

Казак І. О., Сідоров Д. Е.

Екструдер являється одним з важливих елементів обладнання на різних промислових і харчових виробництвах, від якого залежить якість виготовлення полімерних виробів методом екструзії. Основними елементами екструдера являються черв'як і корпус. Ці елементи найчастіше підлягають найбільшому зношуванню в результаті експлуатації екструдера. Черв'як відіграє ключову роль в перемішуванні полімерних матеріалів у корпусі екструдера та безпосередньо впливає на якість готового продукту. Тому дуже важливо дослідити удосконалення конструкції саме черв'яка екструдера для забезпечення підвищення якості виготовлення полімерних виробів.

У межах дослідження запропоновано один зі способів удосконалення конструкції екструдера на основі застосування в зоні стиснення черв'яка трьох секцій з різними по висоті витками вздовж черв'яка, що утворює різні висоти зазорів між черв'яком і внутрішнім корпусом за обраним прототипом за результатами літературно-патентного пошуку.

Ключовою особливістю обраного способу удосконалення черв'яка є поділ зони стиснення на кілька секцій вздовж її довжини, наприклад, три або більше. Співвідношення довжини окремих сегментів до загальної довжини зони стиснення повинно бути в діапазоні 0,1–0,5. При цьому висота бар'єрного зазору в першому сегменті має перевищувати висоту зазорів у наступних сегментах в 1,1 рази або більше між сусідніми витками черв'яка. Виходячи з вище зазначеного, висота бар'єрного зазору (проміжку між витками черв'яка і внутрішнім корпусом екструдера) у першій секції має бути більшою ніж у наступних. Така конфігурація зони стиснення черв'яка забезпечує поступове відокремлення розплавленого полімеру від нерозплавлених часток при його протіканні через секції. У першій секції з більшим зазором відбувається інтенсивне розсіювання механічної енергії приводу, що призводить до плавлення полімеру та вивільнення тепла. При цьому значна частина нерозплавленого матеріалу затримується перед входом у наступні секції з меншим зазором. Таким чином, у черв'яку запобігається різке підвищення тиску у зоні стиснення та локальний перегрів матеріалу по його довжині у секції стиснення. У наступних секціях відбувається подальше розділення розплаву та твердих часток полімеру, а висота зазору зменшується поступово, забезпечуючи контрольований розподіл теплових потоків в матеріалі.

Така удосконалена конструкція черв'яка, з різною висотою зазорів між зовнішньою поверхнею витків черв'яка та внутрішньою поверхнею корпусу екструдера у зоні стиснення, дозволить забезпечити поступове розділення розплаву та нерозплавлених частинок, запобігатиме локальному перегріву та деградації полімеру через більш контрольований розподіл теплових потоків матеріалу у черв'яку екструдера та сприятиме підвищенню якості готових полімерних виробів.

Ключові слова: екструдер, черв'як, трисекційна зона стиснення, висота бар'єрного зазора, витки черв'яка, підвищення якості, рівномірність розплаву, полімерні вироби, запобігання локального перегріву.

Казак Ірина Олександрівна, кандидат педагогічних наук, доцент, кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», вул. Політехнічна, 39, м. Київ, Україна, 03056
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9450-8312>

Сідоров Дмитро Едуардович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», вул. Політехнічна, 39, м. Київ, Україна, 03056
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0341-8205>



ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

68

DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL LABORATORY STAND FOR STUDYING SOLAR PANELS

Moldakhmetov Sayat, Kanapina Meruert, Zhirnov Danila

69

РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У КОСМОСІ

Кобцев О. С., Маслик В. С.

70

CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR THE DEORBETING OF EARTH OBSERVATION SATELLITES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Kulakayeva Aigul, Zhumazhanov Berik, Ongenbayeva Zhadyra

71

ВПЛИВ ТАКТИЧНИХ РІШЕНЬ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНА

Калініченко Є. В., Лесневський В. М.

72

MODELING AND SUPPRESSION OF STRAYLIGHT IN COMPACT CATADIOPTRIC SYSTEMS FOR EARTH OBSERVATION

Zhumazhanov Berik, Zhunusov Erik, Kozhakhmetova Bagdat

73

VISCOUS ABSORPTION OF ELECTROMAGNETIC CAPACITY IN RADIO FREQUENCY LOW CURRENT HOLLOW CATHODE

Shahram Roshanpour

74

FIBER-OPTIC SENSOR FOR GEOTECHNICAL CONDITION MONITORING

Neshina Yelena, Mekhtiyev Ali, Alkina Aliya

75

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR SIMULTANEOUS TRANSMISSION OF ENERGY AND INFORMATIONAL PARAMETERS THROUGH A FIBER-OPTIC CONDUCTOR

Mukasheva Dinara, Neshina Yelena

76

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСТИМИХ МЕЖ СПОТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Беспалько О. В., Коломійцев О. В., Сотніков О. М.

DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL LABORATORY STAND FOR STUDYING SOLAR PANELS

Moldakhmetov Sayat, Kanapina Meruert, Zhirnov Danila

Considering current trends in the development of the energy sector and education, as well as the need to foster engineering thinking and environmental awareness among young people, increasing attention is being paid in educational institutions to practice-oriented STEM tools. In this context, the development of educational laboratory complexes that ensure a visual and safe study of the operating principles of renewable energy sources, particularly solar photovoltaic systems, is a relevant task. To address this issue, a project aimed at developing an educational laboratory stand for studying solar panels for college and school students was implemented. The main objective of the project is to promote alternative energy, develop basic engineering competencies among students, and stimulate interest in environmentally sustainable technologies.

The developed stand is a fully autonomous, safe, and visually intuitive system that includes a solar panel, a charge controller, a battery, measuring circuits, an LED lamp, and a digital display panel with educational scenarios. The solar panel used in the stand has dimensions of 210×135 mm and a rated power of up to 6 W. The stand enables the study of the main parameters of solar panels, as well as the dependence of power output and efficiency on the level of illumination. For this purpose, the front panel is equipped with a scale for measuring the rotation angle of the solar panel relative to the light source.

The control system developed for the stand is based on an ATmega328 microcontroller and is equipped with a 2004 liquid crystal display for visualizing the measured parameters, as well as circuits for measuring the voltage and current of the solar panel. To ensure the electrical safety of students, the stand is deliberately powered exclusively by an internal 12 V rechargeable battery, with no possibility of connection to the mains power supply. Consequently, the battery is charged solely by the solar panel. For reliable mounting of the battery, a customized holder was designed and fabricated using 3D printing technology. The enclosure of the stand was also entirely manufactured using a 3D printer. The enclosure is lightweight and has overall dimensions of 300×220×70 mm. Its design includes dedicated slots for installing the top and bottom panels, while all structural elements are secured using screw connections.

The practical effectiveness of the stand was evaluated through pilot testing conducted at the Palace of Schoolchildren in the city of Petropavlovsk. The experiment involved 23 school students aged 12 to 14, who were provided with access to the stand without any prior explanation of the operating principles of solar panels. Based on the results of a subsequent survey, it was found that students who worked with the stand answered, on average, 36% more questions correctly than those in the control group. These results confirm the high educational potential of the developed stand and its effectiveness as a tool for forming engineering competencies and environmental knowledge.

Keywords: laboratory stand, solar panel, renewable energy, alternative energy, STEM education, engineering education.

Moldakhmetov Sayat, PhD, Researcher of the Department of Power Engineering and Radio Electronics, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Pushkin str., 86, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan, 150000
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2432-7983>

Kanapina Meruert, Master's Student, Department of Power Engineering and Radio Electronics, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Pushkin str., 86, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan, 150000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5938-0150>

Zhirnov Danila, Master's Student, Department of Power Engineering and Radio Electronics, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Pushkin str., 86, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan, 150000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2739-4240>

РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У КОСМОСІ

Кобцев О. С., Маслик В. С.

Сучасний рівень забрудненості космосу орбітального і міжорбітального просторів диктують інженерам створення безпілотних літальних апаратів – орбітальних прибиральників (БОП). Особливо це стосується створення нових конструкторсько-технологічних рішень компоновок БОП. Насамперед саме оснащення їх х-подібними телескопічними щоглами, до яких кріпляться сітки для захоплення космічного сміття є унікальним інженерним рішенням. Однак необхідність постійного візуального моніторингу скупчення сміття, непрацюючих супутників і постійне коригування курсу польоту ускладнює їх захоплення, що призводить до зайвих витрат палива і здійснення додаткових маневрів. Останнє знижує ефективність роботи БОП. Тому створення нового компоновання БОП, що збільшить ефективність його роботи і становить актуальність досліджень.

Для вирішення даної проблеми запропоновано нове компоновання БОП, що має замість сітки, що вистрілюється, сітку «каркасної» структури, яка дозволяє захват сміття в кілометрових зонах. Показано, що головної перевагою такого БОП є розміщення міцної, надійної і недорогої кевларової сітки для захоплення як малогабаритного (розмірами до 10 см в діаметрі), так і великогабаритного сміття (розміри до 5 м в діаметрі). Останнє дозволить прибирати навіть зламани супутники: Гланас з розмірами 2,71x3,05x2,71 м та Starlink з розмірами 3,2x1,6x0,2 м. Встановлено, що для швидкого переміщення такого БОП у космосі ефективно використовувати ядерні ракетні установки: теплові та електричні. Надано достоїнства і недоліки таких установок. Розроблено директивні матеріали з конструювання БОП з ядерною установкою. Отримані результати дозволяють використовувати розроблену технологію в задачах ефективного збору і знищення сміття в космосі.

Ключові слова: безпілотний орбітальний апарат, сміття, космос, ядерна установка.

Кобцев Олексій Сергійович, інженер, кафедра технології виробництва літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», вул. Вадима Манька, 17, м. Харків, Україна, 61070

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0716-6657>

Маслик Вікторія Станіславівна, здобувач освіти, кафедра менеджменту та бізнес-адміністрування, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», вул. Вадима Манька, 17, м. Харків, Україна, 61070

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0034-695X>

CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR THE DEORBETING OF EARTH OBSERVATION SATELLITES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Kulakayeva Aigul, Zhumazhanov Berik, Ongenbayeva Zhadyra

As part of the ongoing development of the national space program of the Republic of Kazakhstan, the problem of end-of-life disposal of domestic Earth observation (EO) spacecraft has become increasingly evident. The currently operated EO satellites are deployed in sun-synchronous low Earth orbits (LEO) at altitudes of approximately 750 km (KazEOSat-1) and 630 km (KazEOSat-2). It is important to note that the spacecraft masses, ranging from approximately 180 kg to 820 kg, have a significant impact on their ballistic characteristics and orbital behavior during the final phase of the mission. The conducted analysis indicates that, in the absence of dedicated disposal measures, satellites operating at these altitudes may remain in orbit for decades, gradually losing controllability and contributing to the growth of anthropogenic congestion in the orbital environment.

The complexity of deorbiting is primarily associated with the degraded operational capabilities of a spacecraft at the end of its active lifetime. Propellant reserves are typically minimal, onboard subsystem performance deteriorates, and attitude determination and maneuver execution accuracy are reduced compared to the early mission phase. Under such conditions, the application of universal or pre-defined deorbiting schemes becomes impractical and necessitates the development of solutions tailored to the actual technical condition of specific Kazakhstan EO satellites.

To address this challenge, an engineering-oriented deorbiting approach is proposed, based on numerical modeling of orbital dynamics and the selection of feasible orbit-lowering scenarios while accounting for the remaining controllability of the spacecraft. Within this framework, deorbiting is treated as an independent analytical and engineering task rather than a formal terminal mission operation. For satellites retaining limited propulsion system functionality, scenarios involving one or several maneuvers aimed at lowering the orbital perigee are analyzed. Once a perigee altitude of approximately 200–300 km is achieved, further orbital decay is driven by aerodynamic drag in the rarefied upper atmosphere, allowing a substantial reduction in reentry time compared to a fully passive decay scenario.

For spacecraft with masses on the order of several hundred kilograms, even a relatively small corrective impulse can drastically alter orbital evolution and shorten the deorbiting process from decades to a significantly shorter time frame. The effectiveness of this approach depends not only on the magnitude of the applied impulse but also on spacecraft attitude, effective frontal area, and the evolution of aerodynamic parameters during atmospheric descent.

Scenarios in which active attitude and orbit control become partially or fully unavailable are considered separately. In such cases, deorbiting proceeds in an uncontrolled manner, and the primary objective is proper spacecraft passivation and accurate prediction of the natural orbital decay timeline. These scenarios are characterized by high sensitivity to initial conditions, which may result in deorbiting time estimation uncertainties of several years. This factor must be taken into account in risk assessment and long-term space debris mitigation planning.

The analysis demonstrates that deorbiting of Kazakhstan's EO satellites is technically feasible provided that a minimal level of spacecraft controllability and the capability to perform at least one corrective maneuver are retained. In the absence of such capabilities, the consequences of passive orbital decay must be evaluated in advance and incorporated into the requirements for future spacecraft. This approach enables deorbiting to be considered an integral element of the spacecraft life cycle and supports the implementation of disposal solutions already at the spacecraft design stage within the national space program of the Republic of Kazakhstan.

Keywords: *deorbiting, Earth observation satellites, low Earth orbit, orbital dynamics, aerodynamic drag, space debris, spacecraft life cycle*

Kulakayeva Aigul, PhD, Associate Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University, Manas str., 34/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050040,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0143-085X>

Zhumazhanov Berik, Head of Department, Department of Optical Payload and R&D projects, "Ghulam" LLP Korday str., 83, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000, PhD student, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Satbayev str., 2, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-9619>

Ongenbayeva Zhadyra, MSc, Senior lecturer, Department of Cyber security, International Information Technology University, Manas str., 34/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050040

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8497-2955>

ВПЛИВ ТАКТИЧНИХ РІШЕНЬ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУДНА

Калініченко Є. В., Лесневський В. М.

Сучасне судноплавство функціонує в умовах зростання вимог до екологічної ефективності, скорочення викидів та оптимізації споживання енергії. На відміну від суто проєктних або стратегічних рішень, що задають рамкові можливості судна, реальний рівень енергоефективності формується під час виконання рейсу навігаційною вахтою. Саме тактичні рішення містка визначають, як судно реагує на хвилювання, вітер, течії, трафік та операційні обмеження – і наскільки зберігає свій курс, швидкість і стабільність роботи двигуна без зайвих витрат пального.

Об'єктом дослідження є тактичні рішення навігаційної вахти в експлуатаційних умовах Північно-Східної Атлантики. Предметом дослідження виступають зв'язки між вибором маршруту, керуванням профілем швидкості, реакцією на хвилювання, станом трафіку та кінцевими енергетичними показниками рейсу. Метою роботи є визначення кількісного ефекту від застосування різних тактичних рішень під час переходу Rotterdam – Leixões та формування практичних рекомендацій для підвищення енергоефективності без погіршення безпеки руху.

Методологія дослідження ґрунтується на аналізі експлуатаційних даних (паливо/нм, ETA, RPM, стабільність, «speed loss»), порівнянні профілів двох класів суден – Feedermax та ConRo – а також застосуванні сценарного аналізу переходу на умовних BOSP/EOSP-ділянках. В основу дослідження покладено принципи робастного порівняння: підбір парних ділянок за метеоумовами, контроль впливу течій, аналіз трендів швидкості та навантаження двигуна. Як підхід застосовано елементи імітаційного моделювання та екстраполяцію енергетичних показників у вигляді delta-ефектів: паливо/нм, ΔCII, зміни €-витрат за ETS. Порівняльний аналіз класів суден показав, що різні типи комерційних суден мають суттєво відмінну «енергетичну логіку». Feedermax із більшим подовженням корпусу та жорсткою вимогою до підтримання ETA виявляє високу чутливість до курсу відносно хвилі, а найбільший вииграш забезпечують рішення щодо уникнення зон зростання «speed loss». Натомість ConRo-типи (VESPERTINE тощо) є менш чутливими до профілю хвилювання, але гостро реагують на неузгоджені зміни швидкості в трафіку та нерівномірність курсового кермування. Згідно з логікою поділу рішень на стратегічні, тактичні та оперативні рівні, енергоефективність виникає саме на стиках між ними. Стратегія задає цільові коридори швидкості, ETA-вікна та вимоги CII/ETS; тактичний рівень перетворює ці на конкретні маршрути, профілі швидкості та рішення щодо уникнення хвильових зон; оперативний – забезпечує керованість, плавність поворотів, вибір моментів зміни режиму та контроль триму. Розрив у будь-якому з цих рівнів веде до втрат енергії, які не компенсуються іншим рішенням.

Практичні результати дослідження підтвердили, що тактичні дії вахти можуть забезпечувати двозначні відсотки економії палива (клас-залежно) без втрати безпеки. Найбільш значущими виявилися: уникнення ділянок із прогнозованим збільшенням «speed loss»; згладжування варіацій швидкості та RPM при русі в цільному трафіку; запобігання маневрам, що спричиняють повторний розгін або набір швидкості; вибір «енергетично нейтрального» курсу відносно хвилі.

Отримані результати дозволили перетворити ці висновки на SOP-рекомендації для містка, описані у формі порогів, часових вікон та очікуваних KPI-зрушень (паливо/нм, «speed-loss», RAI, стабільність RPM, ETA). Це спрощує їх інтеграцію до SEEMP-III, процедур BRM та щоденної навігаційної практики. Авторська інтерпретація базується на тому, що енергоефективність – це не додатковий елемент, а природний наслідок керованої, передбачуваної та узгодженої тактики вахти.

Ключові слова: енергоефективність, навігаційна вахта, тактичні рішення, профіль швидкості, SOP-рекомендації, «speed loss».

Калініченко Євгеній Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри, кафедра навігації і керування судном, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-7313>

Лесневський Владислав Миколайович, аспірант, кафедра навігації і керування судном, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4195-5678>

MODELING AND SUPPRESSION OF STRAYLIGHT IN COMPACT CATADIOPTRIC SYSTEMS FOR EARTH OBSERVATION

Zhumazhanov Berik, Zhunusov Erik, Kozhakhmetova Bagdat

Straylight is one of the key factors limiting the performance of high-precision optical systems used in Earth remote sensing instruments. Even a small fraction of unwanted light reaching the detector outside the nominal optical path can significantly degrade image contrast and reduce the signal-to-noise ratio, which is especially critical when detecting weak reflected signals from the Earth's surface and atmosphere. This problem becomes increasingly important as modern space instruments are required to achieve higher spatial resolution while simultaneously becoming more compact.

This work presents a comprehensive approach to the analysis and mitigation of straylight in a catadioptric mirror–lens optical system intended for use in Earth remote sensing satellite payloads. The main objective of the study is to develop and validate a methodology for quantitative evaluation of straylight reaching the detector and to assess the effectiveness of optical and structural measures aimed at its suppression.

The study is based on numerical simulations performed using the Ansys Zemax OpticStudio software in non-sequential ray-tracing mode. This approach makes it possible to account for multiple reflections, scattering from optical and mechanical surfaces, and random light paths that may lead to straylight penetration into the system. The modeled optical system is a Ritchey–Chrétien catadioptric telescope with an aperture of 85 mm and a focal length of 550 mm, operating in the visible spectral range. The simulation model includes the main optical elements, internal tube surfaces, baffles, diaphragms, and the detector.

Two primary straylight scenarios are considered in the analysis: ambient straylight caused by diffuse radiation from the surrounding environment and direct-hit straylight resulting from intense external light sources entering the optical system at large off-axis angles. For each scenario, a series of simulations was carried out with varying angles of incidence and different system configurations, including cases with and without external and internal baffles, as well as with idealized anti-reflection coatings applied to optical surfaces.

The impact of straylight is quantitatively assessed using several key metrics: the number of rays reaching the detector outside the nominal optical path, the total straylight power incident on the detector, and the maximum detector irradiance. The simulation results show that in the absence of effective shielding elements, straylight produces a high background level on the detector and significantly degrades image quality. The dominant contributions to straylight originate from direct ray paths from bright external sources and from multiple reflections within the optical structure.

The introduction of external and internal baffles significantly reduces the number of stray rays reaching the detector and lowers the total registered straylight power by several orders of magnitude. The most effective suppression is achieved through a combined application of baffles and anti-reflection coatings, demonstrating the importance of an integrated design approach. Detector irradiance maps confirm a substantial reduction of background illumination and a noticeable improvement in image contrast when protective elements are employed.

The practical significance of this work lies in the applicability of the proposed methodology at the early design stage of optical instruments. The ability to identify critical straylight sources and optimize the optical and mechanical configuration before manufacturing helps to avoid costly redesigns and improves the reliability of remote sensing data acquisition. The results obtained can be used in the development of high-precision optical systems for spaceborne and ground-based applications where strict straylight control is essential.

Keywords: *straylight, catadioptric optical system, non-sequential ray tracing, optical baffles, optical system modeling.*

Zhumazhanov Berik, Head of Department, Department of Optical Payload and R&D projects, “Ghalam” LLP, Korday str., 83, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000, PhD student, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Satbayev str., 2, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5926-9619>

Zhunusov Erik, Scientific Secretary, Department of Optical Payload and R&D projects, “Ghalam” LLP, Korday str., 83, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3604-7705>

Kozhakhmetova Bagdat, MSc, Assistant Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University, Manas str., 34/1, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050040
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9566-3629>

VISCOUS ABSORPTION OF ELECTROMAGNETIC CAPACITY IN RADIO FREQUENCY LOW CURRENT HOLLOW CATHODE

Shahram Roshanpour

The beginning of the 21st century was marked, on the one hand, by the expansion of the range of astronautics tasks, including the study of objects of the Solar System, the creation of means of intercepting the space bodies potentially dangerous for the Earth, and reusable transport vehicles for interorbital operations in the vicinity of the Earth. At the same time, the number and range of spacecraft with the already traditional use of electric propulsion thrusters (EPT) also increased, including the use of highly specialized mini- and micro-satellites.

New tasks of astronautics have expanded the range of EPT thrust beyond the limits in which the characteristics of already developed types were optimal, characterized by both the upper limit of the thrust developed by one module and the deterioration of specific characteristics with a decrease in thrust. For example, already developed standard sizes of Hall effect thrusters with a satisfactory service life of up to 10,000 hours at a power of up to 7,000 W sharply lose their service life of up to 2,500 hours when the power decreases below 200 W.

For example, erosion pulse plasma thrusters and plasma-ion thrusters with RF ionization have proven to be satisfactory in terms of resource at low thrusts and powers.

An RF device can be a plasma generator, which is then accelerated in a separate accelerator. However, a situation is possible in which it is required to be a source of predominantly or exclusively charges of one sign. For example, in plasma-ion thrusters with RF ionization, a helicon discharge is used in the ionization chamber, including the RF cathode.

The purpose of the work is the creation of mathematical model of processes in view of a role of viscosity in formation of a skin-layer and absorption of electromagnetic energy of a source by plasma in the low current RF-cathode. Is shown, that in absence of processes, characteristic for high-power RF devices in object of research the viscous absorption takes place, in which the relaxation effects in a superficial bipolar layer prevail above electrons dispersion in volume of a cavity. The opportunity rotational-cyclotron resonance in cylindrical layers in a cavity is revealed.

Keywords: *Electric propulsion; radio frequency devices; hollow cathode; viscosity; energy absorption.*

Roshanpour Shahram, Postgraduate, Plasma Dynamics srl., Vicenza (VI), Italy, 36100, Faculty of Rocket and Space Engineering, Department of "Space Thrusters and Renewable Power Sources", National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Vadyma Manka str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4272-9217>

FIBER-OPTIC SENSOR FOR GEOTECHNICAL CONDITION MONITORING

Neshina Yelena, Mekhtiyev Ali, Alkina Aliya

Modern information-measurement systems used in the mining industry impose stringent requirements on reliability, operational safety, and resistance to external disturbances. Under these conditions, fiber-optic technologies represent a promising alternative to conventional electrical sensors, as optical fibers are immune to electromagnetic interference, explosion-proof, corrosion-resistant, and capable of transmitting information over long distances with minimal attenuation.

The application of fiber-optic sensors is particularly relevant in coal mines, where continuous monitoring of rock pressure, support deformation, gas concentration, and temperature is required. Human error, the limited frequency of manual measurements, and the sudden nature of rock pressure manifestations necessitate the implementation of continuous monitoring systems capable of detecting even minimal changes in the condition of mine workings.

Operational experience in mining enterprises demonstrates that sudden deformation of support structures remains one of the most critical issues leading to hazardous situations. Conventional reference stations provide only discrete measurements and depend on visual assessment by an operator, which reduces both accuracy and response speed.

Given the stringent safety requirements and the need for rapid identification of hazardous zones, the development of a continuous distributed monitoring system requires new technical solutions based on fiber-optic technologies.

The developed sensor is based on an optical fiber that is sensitive to microbending induced by the displacement of rock masses. The structural design includes the following components:

- an optical radiation source;
- an optical fiber enclosed within the sensor housing;
- a mechanical load-transfer assembly (steel plate, cable, tensioning element);
- an optical power meter and a signal-registration unit for monitoring variations in optical intensity.

Displacement of the surrounding rock causes deformation of the sensor housing, which, in turn, induces microbending of the fiber and corresponding changes in the intensity of the transmitted optical signal. These variations are recorded by a hardware–software complex and subsequently converted into values of displacement or applied pressure.

The experimental procedure involved repeated measurements of optical power loss under varying positions of the benchmark point. Signal acquisition was performed using a VIAVI (JDSU) OLP-38 optical power meter in combination with a SmartPocket OLS-34/35/36 light source.

The obtained results demonstrate a pronounced dependence between optical losses and the magnitude of sensor displacement. Using the Akaike Information Criterion to identify the optimal model, the best-fit approximation yielded a coefficient of determination of $R^2 = 0.982$, confirming the linearity of the sensor's response characteristics.

The developed fiber-optic sensor provides a displacement sensitivity of approximately 1 mm, which is five times higher than the detectable threshold of traditional benchmark stations. The measurement range extends from 0 to 100 mm, and the monitoring process is continuous and does not require operator involvement. Additionally, the sensor is explosion-proof, a critically important quality for operation in underground coal mines.

Compared with interferometric counterparts (such as the Mach–Zehnder configuration), the proposed sensor exhibits greater compactness and improved resistance to external environmental influences, facilitating its integration into industrial settings.

Using optical fiber as the primary sensing element enables the implementation of a distributed monitoring system capable of covering extended sections of mine workings. Such a system can detect not only deformation of support structures but also key atmospheric parameters gas concentration, temperature, and humidity thereby expanding the functional capabilities of the sensor and positioning it as a component of a comprehensive mine safety system.

Keywords: fiber-optic sensors, deformation, monitoring, identification, remote control.

Neshina Yelena, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Department of «Energy systems»*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>

Mekhtiyev Ali, Candidate of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Science and Innovation*

ORCID - <https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>

Alkina Aliya, Candidate of Technical Sciences, Lector*,

ORCID - <https://orcid.org/0000-0003-4879-0593>

* NCJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev ave., 56, Karaganda, Republic of Kazakhstan, 100000

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR SIMULTANEOUS TRANSMISSION OF ENERGY AND INFORMATIONAL PARAMETERS THROUGH A FIBER-OPTIC CONDUCTOR

Mukasheva Dinara, Neshina Yelena

Growing demands for high-reliability monitoring systems in industrial, energy, aerospace, and mining sectors drive the need for new technologies enabling safe and interference-resistant power delivery to remote sensors and low-power electronic devices. The study addresses the development of an advanced system for simultaneous transmission of energy and informational parameters (EIP) through a fiber-optic conductor using standard telecommunication optical fiber. The relevance of this technology is determined by the limitations of traditional metallic conductors and batteries, particularly in explosive, high-voltage, or electromagnetically noisy environments, where galvanic isolation and noise immunity are critical.

The research introduces an optoelectronic solution based on the integration of multiplexed optical channels and high-efficiency gallium-arsenide photodetectors. The proposed approach enables optical power delivery of 5–15 W over distances up to 20–60 km, while simultaneously providing a data-transmission channel for sensor feedback and telemetric control. The system incorporates newly designed constructive elements, including a multi-fiber optical bundle for distributing optical power, an enhanced light-concentration module, and an improved cooling system for the photoconverter, ensuring increased conversion efficiency and reduced optical losses.

A series of theoretical studies, computer simulations, and laboratory experiments were conducted to determine optimal operating parameters, including wavelength ranges of 650–1550 nm and efficiency characteristics of various optoelectronic configurations. The experiments demonstrated stable power transmission, confirmed the feasibility of long-distance delivery, and allowed identification of limiting factors such as scattering, connector losses, and thermal effects. The findings show that the use of fiber-optic power delivery can significantly expand the application of energy-passive monitoring systems, reducing metal consumption in signal and power circuits and eliminating fire and explosion hazards in complex industrial environments.

The obtained results indicate the high potential of the technology for deployment in high-voltage networks, mining infrastructure, aerospace equipment, and other sectors requiring isolated, reliable, and maintenance-free micro-power systems. The study lays the groundwork for further development of industrial prototypes and commercialization of a new class of fiber-optic energy-and-information transmission systems.

Keywords: *fiber-optic power transmission, gallium-arsenide photodetector, galvanic isolation, optical multiplexing, monitoring systems.*

Mukasheva Dinara, PhD student, Chief specialist of Department of Research and Training, Kazakhstan Institute of standardization and metrology, Mangilik El ave., 11, Yessil district, Astana, Republic of Kazakhstan, 010000

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9064-2711>

Neshina Yelena, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Department of «Energy systems», NCJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev ave., 56, Karaganda, Republic of Kazakhstan, 100000

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8973-2958>

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСТИМИХ МЕЖ СПОТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ НАВИГАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Беспалько О. В., Коломійцев О. В., Сотніков О. М.

Місцевизначення автономних мобільних роботів (МР), що оснащені оптико - електронними кореляційно-екстремальними системами навігації (КЕСН) з відповідною точністю, що є об'єктом дослідження, залежить від багатьох стохастичних факторів впливу. Серед цих факторів, яким менш за все приділено увагу дослідниками, є зміна та спотворення інформаційних ознак (ІО), що характеризують саме поверхню візування (ПВ) та розташований на ній об'єкт прив'язки. Ці зміни та спотворення можуть мати як природний, так й антропогенний характер. Саме неприродні зміни, спричинені діяльністю людини, в першу чергу можуть бути непередбачуваними для системи навігації. Тому визначення припустимих меж спотворення ІО, які використовуються для опису поточного зображення (ПЗ), є критично важливим завданням. Рішення цього завдання здійснено шляхом дослідження та оцінки впливу змін та спотворень ІО на роботу вторинної системи обробки інформації КЕСН та вирішальну функцію, яка є результатом порівняння ПЗ та сформованого заздалегідь еталонного зображення.

Шляхом моделювання в програмному середовищі Matlab побудовано кореляційні поля для різних типів ПВ, зображення яких сегментовані за такими ІО, як яскравість, контраст, геометричні розміри та структура.

Визначено рівні зміни та спотворень для кожної ІО, при яких взаємна кореляційна функція втрачає унімодалність та стає багатопіковою, при цьому з'являються піки, що близькі або перевищують визначений для коефіцієнта кореляції рівень.

Здійснено чисельні оцінки точності та ймовірності місцевизначення МР в залежності від відношення сигнал-шум, значення якого визначало рівень зміни та спотворень інформаційних ознак. Показано, що припустимою межею спотворень та зміни ІО є ситуація, що відповідає значенню коефіцієнта кореляції не менш ніж 0.6, при якому ймовірність місцевизначення МР складає від 0.8 до 0.97 в залежності від унікальності ПВ.

Ключові слова: мобільний робот, інформаційні ознаки, спотворення, вирішальна функція, коефіцієнт кореляції.

Беспалько Олена Валеріївна, старший науковий співробітник, Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету, Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5470-6450>

Коломійцев Олег Володимирович, Науковий співробітник, Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету, Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6115-7925>

Сотніков Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник, Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, Україна, 61023

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7303-0401>



ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

78

ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕРОБКИ ПЕРЕПЕЛИНОГО М'ЯСА

Самілик М. М., Васильєв В. М.

79

CEREAL-BASED SNACK BARS FOR SCHOOL NUTRITION TO SUPPORT COGNITIVE HEALTH AND REDUCE ANXIETY

Izimgali Aizhan, Tlevlessova Dinara

80

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ ФІЗИКО МАТЕМАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Пак А. В., Пак А. О.

81

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF USING MILLET AS A BASIS FOR SPORTS NUTRITION PRODUCTS

Kuzembayeva Gaukhar, Khassen Karakat, Tlevlessova Dinara

82

APPLICATION OF HIGH PRESSURE IN THE PRODUCTION OF CANNED FRUIT JUICES

Ismayilova Melahet, Khalilov Mushfiq

83

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЯГІД МАЛИНИ

Пузік Л. М., Пузік В. К.

84

МОБІЛЬНА ВЕРТИКАЛЬНО-МОДУЛЬНА ГЕЛІОСУШАРКА З АВТОНОМНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ТА РЕЗЕРВНИМ ІЧ-НАГРІВОМ: ПОЛЬОВА АПРОБАЦІЯ НА ТОПІНАМБУРІ

Ібаєв Е. Б.

85

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ СУШІННЯ ОРГАНІЧНОЇ АГРОПРОДУКЦІЇ: МОБІЛЬНА ІЧ-СТРІКОВА СУШАРКА З КОМБІНОВАНИМ ТЕПЛОПІДВЕДЕННЯМ І ЦИФРОВИМ КОНТРОЛЕМ

Титатеренко Н. В.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕРОБКИ ПЕРЕПЕЛИНОГО М'ЯСА

Самілик М. М., Васильєв В. М.

Очікується, що світовий ринок перепелиного м'яса зазнає значного зростання з розрахунковим середньорічним темпом зростання 5,9% з 2025 по 2035 рік. Це зумовлено підвищенням обізнаності споживачів про дієти з високим вмістом білка та зростанням популярності перепелиного м'яса серед споживачів, які дбають про своє здоров'я. Технологічний процес у методах ведення сільського господарства та переробки підвищує ефективність та якість виробництва перепелиного м'яса, що призводить до зростання продуктивності та зниження витрат на його виробництво. Хоча перепілки були ретельно вивчені щодо особливостей росту та розмноження, наскільки нам відомо, існує невелика кількість досліджень, щодо подальшої переробки перепелиного м'яса для виготовлення м'ясних виробів.

Враховуючи світові тенденції до розширення джерел сировини для виробництва дієтичних харчових продуктів, необхідно провести дослідження щодо доцільності переробки перепелиного м'яса в Україні. Для цього слід встановити вихід м'ясної сировини при ручній обвалці тушок перепелів та проаналізувати якість фаршу, виготовленого на її основі, що є об'єктом проведеного дослідження.

Для досліджень використовували тушки перепелів, придбаних на ринку м. Суми. В результаті було встановлено, що при ручному обвалюванні м'якоть (філейна частина) становить лише 36% від маси тушки, шкірка із підшкірним жиром – 17%, а кісткова тканина – 47%.

Враховуючи, що тушка містить значну частину шкірки та підшкірного жиру, доцільно їх використовувати для приготування фаршу. Було складено 4 види фаршевих композицій: Зразок 1 – містить 30% шкірки із підшкірним жиром; Зразок 2 – містить 40% шкірки із підшкірним жиром; Зразок 3 – містить 50% шкірки із підшкірним жиром. За контроль використовували перемелену філейну частину без додавання жиру та шкірки. У зразках фаршу визначено фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості.

Додавання 30% шкірки із жиром призводить до збільшення вмісту вологи на 1,16%. 40% добавки (Зразок 2) сприяло збільшенню вмісту вологи на 1,57%, а 50% – на 6,29%. Вміст вологи у фарші є дуже важливим показником, оскільки від нього залежить соковитість, пишність і текстура готових м'ясних виробів. Жир допомагає утримувати вологу, запобігаючи пересиханню фаршу при тепловій обробці, а також сприяє утворенню однорідної структури та зв'язування інгредієнтів.

При додаванні 30% ВУЗ зростає на 0,71%. Внесення 40% шкірки із жиром дозволяє збільшити ВУЗ на 2,9%, але при збільшенні частки жиру і шкірок до 50% спостерігається значне зниження ВУЗ, ймовірно, за рахунок значного зростання частки жиру в системі.

Додавання 30% добавки дозволяє збільшити вихід готових виробів на 0,02%, 40% – на 0,94%, 50% на 0,97%. Найвищу вологосв'язуючу здатність має фарш з максимальною кількістю м'язових білків та мінімальною кількістю жиру. При внесенні у фаршеву систему 30–40% шкірок із жиром сприяє зростанню даного показника на 0,29–1,51% відповідно. Але при збільшенні частки добавок до 50% СЕ знижується на 4,27%. Жир, зокрема, його жирові глобули, відіграють роль емульгатора у м'ясній емульсії, тобто допомагають стабілізувати суміш води та жиру.

Встановлено, що при ручному обвалюванні тушок перепелів вихід м'ясної сировини становить лише 36%. Враховуючи, що частка шкірок та підшкірного жиру становить 17%, запропоновано використовувати їх для приготування фаршу. Експериментальні дослідження показали, що раціонально використовувати 30% шкірок та жиру. Додавання 40% шкірки із жиром призводить до збільшення вмісту вологи на 1,57%, ВУЗ зростає на 2,9%. Внесення 40% шкірок із жиром сприяє зростанню СЕ на 0,29–1,51%. При цьому вихід м'ясних виробів зростає на 0,94%.

Ключові слова: перепелине м'ясо, фарш, фізико-хімічні показники, функціонально-технологічні властивості, емульгуюча здатність, стабільність емульсії.

Самілик Марина Михайлівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра технологій та безпечності харчових продуктів, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4826-2080>

Васильєв Владислав Миколайович, аспірант, кафедра технологій та безпечності харчових продуктів, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4860-1101>

CEREAL-BASED SNACK BARS FOR SCHOOL NUTRITION TO SUPPORT COGNITIVE HEALTH AND REDUCE ANXIETY

Izimgali Aizhan, Tlevlessova Dinara

School meals are important not only for children's physical development, but also for their emotional well-being, ability to concentrate and learn. However, in recent years, schoolchildren have increasingly reported symptoms such as restlessness, lack of energy and problems with concentration. These symptoms are often linked to high academic workload, irregular eating habits and the poor quality of nutritious snacks that children consume during the school day. The republic is experiencing a rise in obesity, which affects one in five children. To address these issues, the Republic of Kazakhstan has adopted new school nutrition standards with the aim of improving diet quality, reducing added sugars and creating a healthier food environment in line with recommendations from the World Health Organisation (WHO) and UNICEF. As a result, there is a growing demand for snacks that not only meet regulatory requirements but also contribute to children's brain development and emotional health.

This study focuses on the creation of healthy cereal-based bars for school nutrition with the addition of plant substances that have adaptogenic properties. The aim of the study is to determine the potential for using a cereal base in combination with melon and hawthorn in snack bar recipes as a means of supporting cognitive health and reducing anxiety in school-age children, while ensuring compliance with the updated school nutrition standards of the Republic of Kazakhstan and the recommendations of the WHO and UNICEF. These ingredients were chosen because they are natural, nutritious and widely used in food products.

The study was conducted by analysing regulatory documents relating to school nutrition in Republic of Kazakhstan, international nutrition recommendations and scientific literature on grain-based products and plant-based ingredients. In addition, particular attention was paid to key nutritional characteristics such as energy value, carbohydrate profile, dietary fibre content, taste and practical suitability of the bars for school meals.

The study shows that cereal bars with moderate sugar content and balanced composition can meet the requirements of the updated school nutrition standards. The use of melon and hawthorn as adaptogens could make these products an acceptable snack option that not only provides essential nutrients but also promotes emotional stability and cognitive activity throughout the school day.

Overall, the results indicate the need to develop school nutrition products that meet both established standards and the mental well-being requirements faced by modern children. Cereal-based bars enriched with plant adaptogens can be a convenient, safe, and enjoyable part of school nutrition, provided that nutritional value and safety criteria are met.

Keywords: school nutrition, cereal bars, cognitive health, anxiety, adaptogens, melon, hawthorn, Republic of Kazakhstan standards, WHO, UNICEF

Izimgali Aizhan, MSc student, Department of Food Technology, Almaty Technological University (ATU), Tole bi str., 100, Almaty, Republic of Kazakhstan, A05H0E2
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8771-3080>

Tlevlessova Dinara, PhD, Acting Professor, Department of Food Technology, Almaty Technological University (ATU), Tole bi str., 100, Almaty, Republic of Kazakhstan, A05H0E2
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ КАПЛІЯРНО-ПОРИСТИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ ФІЗИКО МАТЕМАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ**Пак А. В., Пак А. О.**

Метою роботи є доведення можливості застосування фізико-математичних методів дослідження дисперсного складу таких капілярно-пористих харчових систем, як сухі сніданки, під час їх товарознавчих експертиз. Об'єктом дослідження є сухі сніданки від різних виробників: «Nesquik» ТМ «Nestle», «Lion» ТМ «Lion», «Duo Balls» ТМ «Doctor Benner», «Start» ПрАТ «Lantmannen», «Mr. Croco» ПрАТ «Дніпропетровський комбінат харчових концентратів».

Дослідженнями макропористої структури зразків сухих сніданків від різних виробників встановлено, що найбільш наближену до монодисперсної структуру має зразок «Duo Balls». Він має найменший розкид у значеннях радіусів макропор та найменшу дисперсію функції розподілення макропор за радіусами – 0.881. Зразок «Lion» відрізняється від зразка «Duo Balls» не суттєво, дисперсія його диференціальної функції розподілення макропор за радіусами, яка дорівнює 0.948, відрізняється на 8 %. Далі йдуть зразки «Start» ($D(r)=1.082$) та «Mr. Croco» ($D(r)=1.131$). Найбільш віддалену від монодисперсної структуру має зразок «Nesquik» ($D(r)=1.333$), дисперсія якого відрізняється на 51 % від зразка «Duo Balls». Відмічено, що розподіл макропор за радіусами у досліджуваних зразках обумовлює в основному зовнішній вигляд сухих сніданків.

Характеристиками, які є оцінкою властивості сушеної продукції, такої як сухі сніданки, поглинати воду із оточуючого газового середовища, являються ізотерми сорбції. За ізотермами сорбції досліджуваних зразків сухих сніданків від різних виробників встановлено значення відносної вологості оточуючого газового середовища, за якої можливе тривале зберігання цієї продукції без суттєвих змін якості. Ці значення відносної вологості для сухих сніданків становлять, %: «Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. За відносної вологості оточуючого газового середовища, яка перевищує ці значення, тривале зберігання можливе лише у газонепроникному упакованні. За диференціальними функціями розподілу мікропор за радіусами встановлено, що найменший розкид мікропор за радіусами має зразок «Mr. Croco», а найбільший – «Duo Balls». Зразки «Nesquik», «Lion» та «Start» займають проміжне положення. Відзначено, що через більш розвинуту пористу структуру зразок «Duo Balls» поглинає із оточуючого газового середовища найбільшу, а зразок «Mr. Croco» найменшу, порівняно із іншими досліджуваними зразками, кількість вологи. Відзначено, що внаслідок цього, зразок «Duo Balls» втрачає, такий органолептичний показник притаманний сухим сніданкам, як хрусткість, за менших значень відносної вологості оточуючого середовища, порівняно з іншими зразками. Відзначено, що зразок «Mr. Croco», з огляду на його ізотерму сорбції, зберігає хрусткість за значень відносної вологості оточуючого середовища більших порівняно з іншими досліджуваними зразками сухих сніданків. Це є суттєвою споживчою перевагою порівняно з іншими зразками. Відзначено, отримані результати є об'єктивними показниками якості сухих сніданків, які можуть бути використані під час товарознавчих та митних експертиз цієї продукції.

Ключові слова: сухі сніданки, товарознавча експертиза, функція розподілення пор за радіусами

Пак Аліна Володимирівна, доцент, кафедра маркетингу та торговельного підприємництва, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311-9731>

Пак Андрій Олегович, професор, кафедра фізики та математики, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61002
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3140-3657>

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF USING MILLET AS A BASIS FOR SPORTS NUTRITION PRODUCTS

Kuzembayeva Gaukhar, Khassen Karakat, Tlevlessova Dinara

Republic of Kazakhstan has substantial agricultural potential and a wide range of cereal crops that can be used in the development of sports nutrition products. However, the modern sports nutrition market is largely based on standardized formulations and imported ingredients, while many products are positioned primarily as supplements rather than foods. This limits their accessibility for mass and amateur sport and raises concerns related to cost, composition transparency, and safety. At the same time, studies of athletes' eating behaviour consistently show a gap between nutritional knowledge and everyday practice, indicating that theoretical recommendations alone are not sufficient without convenient and affordable food-based solutions.

*This study focuses on the possibility of using cereals as a basis for sports nutrition, with particular attention given to millet (*Panicum miliaceum* L.) as a regionally available and gluten-free crop. Millet is characterised by a high content of complex carbohydrates, the presence of dietary fibre, and a mineral composition relevant to physically active individuals. The aim of the study is to provide a scientific justification for the use of millet in sports nutrition and to assess its potential to support energy supply during physical activity.*

The study is based on an analysis of recent sports nutrition recommendations and scientific publications, combined with a product-oriented assessment of cereal raw materials. Special attention is paid to factors that determine the suitability of carbohydrate sources for different training situations, including the rate of energy release, gastrointestinal tolerance, and the balance between energy density and satiety. The role of whole-grain matrices and dietary fibre in metabolic regulation and recovery processes is also considered.

The analysis shows that cereal-based products can provide a more stable and prolonged energy supply compared to refined carbohydrate sources. The use of millet allows for a predictable nutritional composition and reduces dependence on imported raw materials. At the same time, the effectiveness of millet-based sports foods depends on processing conditions that influence texture, digestibility, and consumer acceptance.

The results highlight the relevance of developing sports nutrition products based on regional cereal resources. Millet can be considered a suitable basis for creating accessible and safe sports foods adapted to local conditions and dietary habits.

Keywords: sports nutrition, cereals, millet, regional resources, energy supply, dietary fibre

Kuzembayeva Gaukhar, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Food Technology, Almaty Technological University (ATU), Tole bi str., 100, Almaty, Republic of Kazakhstan, A05H0E2
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0558-9531>

Khassen Karakat, MSc student, Department of Food Technology, Almaty Technological University (ATU),
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9005-5570>

Tlevlessova Dinara, PhD, Acting Professor, Department of Food Technology, Almaty Technological University (ATU), Tole bi str., 100, Almaty, Republic of Kazakhstan, A05H0E2
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>

APPLICATION OF HIGH PRESSURE IN THE PRODUCTION OF CANNED FRUIT JUICES

Ismayilova Melahet, Khalilov Mushfiq

It's common knowledge that all canned juices are intended for long-term storage. Therefore, great attention should be paid to the final stage of production, namely, thermal sterilization of such products. It is this new technology that enables this pasteurization or sterilization under high pressure (high-pressure processing). The advantage of this technology is that, in addition to destroying microorganisms, the chemical composition of the product is also preserved virtually unchanged.

Thermal sterilization of canned products is closely linked to temperature and time. However, these factors are themselves regulated by pressure, which is a physical parameter. Therefore, pressure plays a key role in guaranteeing product quality. High-pressure processing allows for pasteurization and sterilization under more gentle conditions, thus preserving product quality.

Various types of canned fruit juices were chosen as the object of the study, which served the purpose of preventing inconsistencies that may arise when using the new technology.

Depending on the type, high-pressure processing is divided into two groups: periodic and continuous. This type of processing can be used for both bulk and packaged juices. Generally, high-pressure processing works as follows: the product is placed in a flexible container (a bag or plastic bottle), which is then placed in a chamber filled with a pressure-transmitting fluid (a hydraulic fluid, usually water). In the chamber, the hydraulic fluid is compressed by a pump, and the resulting pressure (200–800 MPa) passes through the container and is directly transferred to the product. Typically, the pressure is applied for a set period of time (3–5 minutes). A 100 hp pump can create a pressure of 680 MPa in a 50 dm³ container in 3–4 minutes. In this case, the compression time depends on the pump's capacity. A positive aspect is that the absence of high temperatures in this processing method preserves the natural properties of the product.

*Although high-pressure treatment is effective, spores of microorganisms such as *Listeria monocytogenes* and *Clostridium botulinum* remain undestroyed. Therefore, to prevent this drawback, high-pressure treatment must be combined with heat treatment. It has been found that high-pressure treatment at a temperature of 75°C also destroys botulism spores.*

*Another method for processing canned fruit juices under high pressure is "dynamic pressing" or "pulsating pressure", which involves subjecting the juice to multiple pressure changes (tindialization), or more precisely, to a gradual increase in pressure (100–1000 MPa). As a result, product processing is completed more quickly. For example, it was found that when a low-acid product was processed at 70°C under a pressure of 600 MPa five times, for five minutes each time, *Bacillus stearothermophilus* spores were completely destroyed. Similar experiments have shown that spores of microorganisms such as *Bacillus subtilis*, *Salmonella*, and *Saccharomyces cerevisiae* are also destroyed after processing under dynamic pressure (with small changes in parameters). Vegetative microorganisms are very sensitive to changes in temperature and pressure, so frequent changes in temperature or pressure prevent sporulation. This, in turn, protects the product from subsequent microbial contamination.*

High-pressure sterilization of canned fruit juices improves the quality of the finished product by allowing it to remain in heat exchange for a shorter period of time. This is because the chemical components of such a product are more resistant to the effects of processing parameters.

High pressure also has a destructive effect on microorganisms. In products prepared using this technology, their numbers are reduced more effectively without compromising quality.

Controlling the temperature of canned fruit juices based on pressure demonstrates the potential for future production of higher-quality products, as the use of low or no heat during processing preserves nutrients intact.

Keywords: sterilization, high pressure, tindialization, novel food product.

Ismayilova Melahet, PhD student, Department of "Mathematical analysis", Ganja State University
H. Aliyev ave., 429, Ganja, Azerbaijan, AZ 2000
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2266-6061>

Khalilov Mushfiq, Doctor of Philosophy in Technics, Associate Professor, Department of "Food Engineering and Expertise", Azerbaijan Technological University, Sh. I. Khatai ave., 103, Ganja, Azerbaijan, AZ 2011
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6826-1280>

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЯГІД МАЛИНИ

Пузік Л. М., Пузік В. К.

Виробництво плодів малини зростає в усьому світі через зростаючий інтерес споживачів до продуктів з високими антиоксидантними властивостями. Післязбиральна лежкість завжди була одним з основних недоліків при вирощуванні швидкозростаючих плодів, серед яких малина є одним з найважливіших. Малина є швидкозростаючим фруктом із високою сприйнятливістю до м'якої плісняви, що знижує її товарний вигляд. Для зменшення впливу фітопатогенного пошкодження застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. Впроваджується нова технологія післязбиральної обробки плодоягідної продукції їстівним покриттям на основі хітозану. Протигрибкова дія хітозану була вивчена для збереження якості плодоягідної продукції. Однак цей біополімер потрібно розчинити в органічній кислоті, щоб мати можливість правильно працювати як покриття. Авторами статті розпочато цикл експериментів по детальному визначенню тривалості зберігання, виходу товарної ягідної продукції залежно від особливостей виду, сорту та способів післязбиральної обробки ягід композиціями антимікробної дії.

Основний вклад полягає у вивченні впливу ефективності різних концентрацій хітозану (0,2, 0,4, 0,6%) розчиненого у 0,5% аскорбінової к-ти,

на втрату маси ягід, кількість абсолютного браку, вихід товарної продукції та втрати продукції за один день зберігання, що зберігалася за температури 4°C протягом 14 днів.

Обробка дозволила забезпечити збереження їх товарного вигляду. Втрата маси малини спостерігається на рівні 3,1–5,2% залежно від концентрації розчину. Найменші втрати маси плодів зафіксовано за їх обробки 0,2% концентрації хітозану, найбільші втрати маси спостерігалися за обробки плодів хітозаном у 0,6% концентрації. Щодо втрати маси плодів малини коливалися від 0,3 до 0,5%. Показано, що вміст сухих речовин сухих речовин зменшувався повільніше у зразках з обробкою хітозаном. У контрольному варіанті зафіксовані прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин. Загалом застосування покриття призвело до покращення якості ягід щодо вмісту біоактивних речовин та антиоксидантної здатності. Крім того, відмічено зниження кількості плісняви. Найбільше відмінностей було зареєстровано на 4 і 9 день, коли сік обробленої ягоди малини мав значно вищий вміст загальних фенольних сполук та антиоксидантну здатність. Сенсорні оцінювальні тести, проведені на 4-й день, показали, що малина з покриттям отримала вищі бали за всіма сенсорними параметрами порівняно з контролем. Отже, обробка ягідної продукції композиціями на основі хітозану, після збирання спрямована на зменшення втрат продукції під час зберігання, збереження поживної цінності ягід, зменшення ураження мікроорганізмами та фізіологічними розладами. Зберігання продукції в МГС збільшує вихід товарної продукції та тривалість

Ключові слова: ягоди малини, природні втрати, плівкоутворювальні композиції, хітозан, мікробіологічні захворювання, вихід товарної продукції.

Пузік Людмила Михайлівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, кафедра плодовоовочівництва і зберігання продукції рослинництва, Державний Біотехнологічний Університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61000

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5465-2771>

Пузік Володимир Кузьмич, доктор сільськогосподарських наук, професор, кафедра екології та біотехнології продукції рослинництва, Державний Біотехнологічний Університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61000

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5028-9461>

МОБІЛЬНА ВЕРТИКАЛЬНО-МОДУЛЬНА ГЕЛІОСУШАРКА З АВТОНОМНОЮ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ТА РЕЗЕРВНИМ ІЧ-НАГРІВОМ: ПОЛЬОВА АПРОБАЦІЯ НА ТОПІНАМБУРІ

Ібаєв Е. Б.

Глобальні виклики сучасності – необхідність забезпечення продовольчої безпеки, швидкі кліматичні зміни, пандемії, зростання хронічних та набутих захворювань, а також військові конфлікти дедалі частіше переводять населення у режим виживання та перебування в екстремальних умовах. У таких реаліях особливої актуальності набувають інноваційні підходи до розвитку аграрного сектору, які поєднують ресурсоощадність, екологічність та орієнтацію на якість продукції. Концепція «Від лану до столу», як складова Європейського зеленого курсу, акцентує увагу на побудові стійких ланцюгів постачання та виробництві оздоровчих продуктів із мінімальним впливом на довкілля. Одним із практичних інструментів реалізації цих підходів у польових умовах є мобільні геліосушарки, здатні забезпечити ресурсоощадну переробку агросировини безпосередньо у місцях її вирощування та збору.

Геліосушіння розглядається як перспективний напрям ресурсоефективної переробки, оскільки сприяє зниженню витрат на енергоносії, підвищує якість збереження врожаю, зменшує втрати при транспортуванні та зберіганні, а також розширює можливості експорту органічної продукції. Додатковою перевагою є можливість отримання сушених напівфабрикатів високого ступеня готовності з широким спектром використання: як інгредієнтів у рецептурах харчових продуктів (заміна синтетичних компонентів натуральними), так і як самостійних виробів тривалого зберігання для людей, що перебувають в екстремальних умовах (військові, медики тощо).

Ключова інженерна ідея удосконалення полягає у поєднанні мобільності, багатоколекторної системи поглинання сонячної енергії та підвищення автономності/стабільності процесу. Конструкція включає: рухому платформу з кріпленням до автотранспорту; чотири напівсферичні випуклі повітряні колектори з регульованим кутом нахилу 20...45° (без необхідності постійної орієнтації на південну сторону); циліндричну робочу камеру у вигляді трубчастого світлопоглинального змієвика (ефект «термоса» та захист від прямого ультрафіолетового опромінення сировини); термоакумулятор у нижній частині (кам'яна галька 50...80 мм); тканинний захисний чохол для нічного часу/похмурості; автономні витяжні вентилятори зі спіральною напрямлюючою (швидкість теплоносія 0,05...2,0 м/с); елементи Пельтьє в теплоакумуляуючій зоні для живлення вентиляторів; резервний внутрішній ІЧ-випромінювач (плівкоподібний резистивний нагрівач випромінювального типу, 600 Вт) для підтримання мінімальної температури сушіння в умовах тривалої хмарності/дощу або інших форс-мажорів.

Експериментальні результати підтвердили залежність тривалості сушіння від товщини нарізання та умов проведення дослідів. Для топінамбура тривалість геліосушіння становила 38,6...50,0 год при зміні температури сировини 22–50 °С (залежно від товщини 4/6/8 мм). Для яблука тривалість сушіння становила 30,5...37,0 год при температурі 23–48 °С (товщина 4/8/12 мм). При завантаженні 6,0 кг кількість вологи, що підлягала видаленню, становила 3,5 кг для топінамбура та 4,2 кг для яблука; процес доводив зразки до кінцевої вологості 20,0%, що є прийнятною для зберігання напівфабрикатів.

Порівняльний аналіз із конвективним сушінням за 55 °С показав переваги геліосушіння щодо збереження біоактивних і харчових компонентів. Зокрема, втрати вітаміну С у топінамбурі зменшилися в 2,17 рази проти 3,21 рази при конвективному сушінні, а органолептична оцінка підтвердила кращі показники дослідних зразків. Практична значущість дослідження полягає у створенні інженерної платформи для польової переробки органічної сировини в сушені напівфабрикати високого ступеня готовності, що підтримує концепцію «Від лану до столу» та підсилює конкурентоспроможність аграрних підприємств завдяки скороченню енергетичних витрат, зниженню втрат сировини, підвищенню якості й доданої вартості продукту. Робота виконана в межах держбюджетної тематики проєкту молодих вчених № І-24-25 БО.

Ключові слова: мобільна геліосушарка; вертикально-модульна конструкція; польова апробація; топінамбур; агропереробка

Ключові слова: mobile solar dryer; vertical modular design; field testing; Jerusalem artichoke; agro-processing

Ібаєв Ельдар Байрам огли, здобувач доктора філософії, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3090-3553>

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ СУШІННЯ ОРГАНІЧНОЇ АГРОПРОДУКЦІЇ: МОБІЛЬНА ІЧ-СТРІЧКОВА СУШАРКА З КОМБІНОВАНИМ ТЕПЛОПІДВЕДЕННЯМ І ЦИФРОВИМ КОНТРОЛЕМ

Титатеренко Н. В.

Конкурентоспроможна переробка агропродовольчої продукції шляхом низькотемпературного сушіння органічної сировини є ефективним шляхом одержання функціональних виробів нового покоління у формі самостійних напівфабрикатів та природних інгредієнтів для рецептурного збагачення продуктів харчування. Водночас широке застосування традиційного сушильного обладнання зі значною енерго- та металоємністю, використанням проміжних теплоносіїв і нестабільними режимами теплопередачі призводить до втрат біологічно активних речовин (БАР), погіршення органолептичних та реологічних властивостей, а також зростання виробничих витрат. Сучасні виклики (руйнування енергетичної та логістичної інфраструктури, дефіцит енергоресурсів, погіршення екологічної ситуації, зростання попиту на здорове харчування) формують потребу у впровадженні інноваційних ресурсоощадних і циркуляційних моделей переробки агросировини, здатних забезпечити продовольчу безпеку та технологічну стійкість агропідприємств, зокрема у прифронтових регіонах.

Найбільш практичними інженерно-технологічними рішеннями для сучасних мобільних сушарок є формування комбінованого теплопідведення у низькотемпературному діапазоні за рахунок гнучкоподібних плівкових електронагрівачів випромінювального типу з раціональним геометричним розташуванням у робочій камері (поєднання ІЧ-випромінювання та кондуктивного нагріву). Перспективним є застосування елементів Пельтьє на обґрунтованих теплообмінних поверхнях для перетворення вторинної теплової енергії у низьковольтну електроенергію, що забезпечує автономне живлення вентиляційної системи та стабілізує конвективну складову сушіння. Впровадження рециркуляційних систем вторинного повітря та рекуперації відпрацьованої теплоти, а також інтеграція сонячних повітряних колекторів і фотоелектричних панелей з акумулятором підвищують ресурсоощадність, автономність апаратів для децентралізованого використання на агропідприємствах і крафтових виробництвах.

Експериментальна апробація проведена у низькотемпературному діапазоні 35...65°C на широкому спектрі сировини (зерно, овочі, фрукти, ягоди, пряно-ароматична сировина, м'ясо-рослинні суміші) із контролем температури, вологості, енергоспоживання та однорідності дегідратації. Показано, що комплекс удосконалень забезпечує скорочення тривалості сушіння в середньому на 30...35% порівняно з прототипом та підвищує рівень збереження БАР на 15...20%. Зафіксовано стабільність теплового режиму (відхилення температури по поперечному перерізу не перевищує $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$) і високу однорідність дегідратації (приблизно $95\pm 2\%$ по ширині стрічки), що знижує ризик локальних перегрівів термолабільної органічної сировини. Одночасно впровадження рекуперації та автономних енергетичних контурів сприяло зменшенню енергоспоживання (до рівня близько $1,8\pm 0,2$ кВт порівняно з $2,4\pm 0,2$ кВт у прототипі) та забезпечило можливість автономної роботи від акумулятора 6...8 кВт·год і сонячних компонентів у польових умовах.

Отримані результати підтверджують, що мобільна функціонально-модульна ІЧ-стрічкова сушарка з комбінованим теплопідведенням, рекуперацією вторинного повітря, автономною вентиляцією на основі елементів Пельтьє та альтернативними джерелами енергії є перспективним ресурсоощадним рішенням для децентралізованої переробки органічної агросировини у напівфабрикати високого ступеня готовності та продукти змішаного складу в концепції «від лану до столу». Практична цінність полягає у підвищенні технологічної незалежності, конкурентоспроможності та стійкості агропродовольчого сектору, зокрема в умовах обмежених ресурсів і наслідків військових дій, із одночасним збереженням якості й функціональних властивостей продуктів. Робота виконана в межах держбюджетної тематики проєкту молодих учених № 1-24-25 БО.

Ключові слова: децентралізоване сушіння; органічна агропродукція; мобільна ІЧ-стрічкова сушарка; комбіноване теплопідведення; рекуперація вторинного повітря; автономна вентиляція

Ключові слова: децентралізоване сушіння; мобільна інфрачервона стрічкова сушарка; комбіноване теплопостачання; ресурсоефективна переробка; органічна сировина; агропродовольчий сектор

Титатеренко Наталія Віталіївна, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61051
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9745-883X>



ХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

СЕКЦІЯ 4: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

87

ОКИСНЕННЯ ХЛОРИДІВ У ДВОКАМЕРНОМУ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ДЕЗІНФЕКТАНТІВ

Крижановська Я. П., Гомеля М. Д., Шаблій Т. О.

88

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯЛОВИЧОГО ЖИРУ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕННЯ
ПЕРЕЕТЕРИФІКОВАНОЇ ЖИРОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ

Старосельська Н. С.

ОКИСНЕННЯ ХЛОРИДІВ У ДВОКАМЕРНОМУ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕЗІНФЕКТАНТІВ

Крижановська Я. П., Гомеля М. Д., Шаблій Т. О.

Водні ресурси України є обмеженими. Основну частину потреб країни у прісній воді забезпечує річка Дніпро та її басейн. Традиційним підходом до розв'язання проблеми вододefіциту у віддалених регіонах є перерозподіл значних обсягів дніпровської води. Наприклад, на Львівщині потреби у водопостачанні майже на 100% покриваються за рахунок підземних (артезіанських) джерел. Незважаючи на це, ефективність використання водних ресурсів в Україні залишається низькою. Хоча каскад водосховищ на Дніпрі формально збільшує загальні запаси води, їхня конструктивна особливість — велика площа при малій глибині — спричиняє суттєві втрати запасів через випаровування. Додатково, у цих рівнинних водоймах відбувається погіршення якості води, викликане її прогріванням у літній період та інтенсивними процесами евтрофікації.

Об'єктом дослідження є процеси переробки розчинів хлориду натрію, які за складом і концентрацією близькі до концентратів, що утворюються в результаті зворотньоосмотичного знесолення води. У концентратах зворотньоосмотичного опріснення вміст хлориду натрію зазвичай становить 4–30 г/дм³. Проблема утилізації таких концентратів є однією з головних, що суттєво обмежує використання баромембранних процесів у водоочищенні. Дослідження спрямовані на перетворення цих розчинів-відходів на активний хлор або гіпохлорит натрію — продукти, придатні для знезараження води.

Для переробки розчинів хлориду натрію використовувався метод електродіалізу. Процеси електролізу проводили у двокамерних відкритих та герметичних електролізерах, розділених аніонообмінною мембраною МА-41. Розчини, що містили хлориди натрію, розміщувалися в анодній камері, тоді як катодна камера наповнювалася розчинами луку з концентрацією 200–1000 мг-екв/дм³.

Ключові слова: електроліз, окислення, герметичний, гіпохлорит натрію, активний хлор

Крижановська Яна Павлівна, кандидат технічних наук, асистент, кафедра екології та технології рослинних полімерів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Пр-т Берестейський, 37, м. Київ, Україна, 03056
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9747-969X>

Гомеля Микола Дмитрович, доктор технічних наук, професор, кафедра екології та технології рослинних полімерів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Пр-т Берестейський, 37, м. Київ, Україна, 03056
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

Шаблій Тетяна Олександрівна, доктор технічних наук, професор, кафедра екології та технології рослинних полімерів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Пр-т Берестейський, 37, м. Київ, Україна, 03056
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3454-675X>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯЛОВИЧОГО ЖИРУ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕННЯ ПЕРЕЕТЕРИФІКОВАНОЇ ЖИРОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ

Старосельська Н. С.

Перспективним технологічним процесом, впровадженням на підприємствах олієжирової галузі, є процес переетерифікування. Переетерифікуванням називають реакцію обміну ацилами при взаємодії молекул двох складних ефірів. Це один із видів модифікації олій та жирів, що дозволяє шляхом перетворення триацилгліцеринового складу впливати на зміни їх фізико-хімічних властивостей. У застиглому стані переетерифіковані жири мають дрібнокристалічну структуру та однорідну пластичну консистенцію.

Процес переетерифікування (крім випадку ферментативного переетерифікування з використанням 1,3-специфічної ліпази) можна розглядати як випадкове видалення жирних кислот із молекул триацилгліцеролів, перемішування цих кислот та присєднання до гліцеролу жирних кислот, вибраних випадково. Тому технологічні характеристики переетерифікованих жирів залежать тільки від їхнього жирнокислотного складу.

На відміну від гідрування, переетерифікування не впливає на рівень насичення і не викликає ізомеризації жирних кислот, повністю зберігаючи жирнокислотний склад вихідних жирів.

Зазвичай переетерифікуванню піддають суміші олій та жирів, які мають різні характеристики плавлення та кристалізації. При цьому отримують жири з потрібними властивостями шляхом підбору відповідної рецептури початкової жирової суміші.

Об'єкт дослідження – процес хімічного переетерифікування жирової композиції. Використано жирову композицію, що складається з жиру яловичого, жиру свинячого та олеїну пальмового.

Встановлено вплив різних концентрацій жиру яловичого на температуру плавлення переетерифікованої жирової композиції. Процес переетерифікування проводили за наступних умов: температура 110°C, тривалість 1 год., концентрація каталізатору калій гліцерату 0,45%. Температуру плавлення яловичого жиру та зразків переетерифікованої жирової композиції, а також фізико-хімічні показники яловичого жиру визначено за стандартними методиками.

Початкові характеристики застосованого яловичого жиру: температура плавлення 46,3°C, твердість 562,5 г/см, кислотне число 0,20 мг KOH/г, пероксидне число 1,23 $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг, масова частка вологи та летких речовин 0,1%.

Визначено температуру плавлення переетерифікованої жирової композиції в залежності від вмісту яловичого жиру:

- при концентрації яловичого жиру 30% температура плавлення склала 35,6°C;
- при концентрації яловичого жиру 40% температура плавлення склала 39,1°C;
- при концентрації яловичого жиру 50% температура плавлення склала 42,5°C.

При цьому інші компоненти суміші були у співвідношенні 1:1.

При збільшенні вмісту яловичого жиру від 30% до 40% відбувається підвищення температури плавлення переетерифікованої жирової композиції на 3,5°C, від 40% до 50% – на 3,4°C. Отже, із збільшенням концентрації яловичого жиру лінійно підвищується температура плавлення.

Таким чином, встановлено, що додавання тугоплавкого яловичого жиру до жирової суміші призводить до зростання температури плавлення переетерифікованої жирової композиції. Кожні 10% яловичого жиру підвищують температуру плавлення переетерифікованої суміші на (3,4–3,5)°C.

Ключові слова: жирова композиція, жир яловичий, жир свинячий, температура плавлення, переетерифікування.

Старосельська Наталія Сергіївна, кандидат технічних наук, Відділ досліджень технології переробки олій та жирів, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, пр. Дзюби, 2а, м. Харків, Україна, 61019
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1513-1336>